



ANNEE 2005

THESE : 2005 – TOUT 3 – 4040

ESTIMATION DE LA QUALITÉ IMMUNE DU COLOSTRUM DE TRUIE EN ÉLEVAGE

THESE
pour obtenir le grade de
DOCTEUR VÉTÉRINAIRE

DIPLOME D'ÉTAT

*présentée et soutenue publiquement en 2005
devant l'Université Paul-Sabatier de Toulouse*

par

Florian, Emmanuel VOISIN

Né, le 23 décembre 1977 à CLAMART (Hauts-de-Seine)

Directeur de thèse : Monsieur le Professeur Guy-Pierre MARTINEAU

JURY

PRESIDENT :

M. Henri DABERNAT

Professeur à l'Université Paul-Sabatier de TOULOUSE

ASSESSEUR :

M. Guy-Pierre MARTINEAU

M. Roland DARRE

Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE

Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE

MEMBRE INVITE :

M. Jean LE DIVIDICH

Directeur de recherche à l'INRA

Toulouse, 2005

NOM : VOISIN

PRENOM : FLORIAN

TITRE : ESTIMATION DE LA QUALITE IMMUNE DU COLOSTRUM DE TRUIE EN
ELEVAGE

RESUME

L'acquisition d'une forte immunité passive par le porcelet au travers d'un colostrum de bonne qualité immune est un critère déterminant dans sa survie sous la mère ainsi que pour sa santé et ses performances après sevrage. La qualité immune du colostrum, appréciée au travers de sa concentration en immunoglobulines G lors de la mise bas, ainsi que ses facteurs de variation, est étudiée sur un échantillon de 73 truies. L'estimation de l'immunité colostrale à l'aide d'un pèse-colostrum et d'un réfractomètre est évaluée.

Cette étude montre que la qualité immune du colostrum est meilleure chez les truies sélectionnées pour leur prolificité, en particulier les truies Large-White hyperprolifique comparées aux truies Duroc Blanc et Piétrain, ainsi que les truies Landrace comparées aux truies Piétrain. Cette étude montre également que la teneur en matière sèche du colostrum diminue avec le rang de portée. Le pèse-colostrum et le réfractomètre ne permettent pas d'apprécier la qualité immune du colostrum de truie.

MOTS CLEFS : TRUIE, COLOSTRUM, IMMUNITE, IMMUNOGLOBULINE G,
PESE-COLOSTRUM, REFRACTOMETRE.

ENGLISH TITLE : ESTIMATION OF THE IMMUNE QUALITY OF SOW COLOSTRUM
IN PRODUCTION UNIT

ABSTRACT :

Acquisition by the piglet of an important passive immunity through colostrum of a good immune quality is one of the decisive points of its survival under its mother and of its health and growth results after weaning. The immune quality of colostrum, evaluated through its immunoglobulin G concentration at farrowing, and its variation factors, are studied on a sample of 73 sows. The estimation of the immune quality of colostrum with a colostrum weigher and a refractometer is evaluated.

This study points out that the immune quality of colostrum is best in sows selected for their litter size, particularly prolific Large-White sows compared to White Duroc and Piétrain sows, and Landrace sows compared to Piétrain sows. This study also shows that total solids decreases with parity. Colostrum weigher and refractometer are not significant tools for the estimation of the immune quality of sow colostrum.

KEY WORDS : SOW, COLOSTRUM, IMMUNITY, IMMUNOGLOBULIN G,
COLOSTRUM WEIGHER, REFRACTOMETER

MINISTERE DE L'AGRICULTURE ET DE LA PECHE
ECOLE NATIONALE VETERINAIRE DE TOULOUSE

Directeur	: M.	P. DESNOYERS
Directeurs honoraires.....	: M.	R. FLORIO
	M.	J. FERNEY
	M.	G. VAN HAVERBEKE
Professeurs honoraires.....	: M.	A. BRIZARD
	M.	L. FALIU
	M.	C. LABIE
	M.	C. PAVAU
	M.	F. LESCURE
	M.	A. RICO
	M.	A. CAZIEUX
	Mme	V. BURGAT
	M.	D. GRIESS
	M.	J. CHANTAL
	M.	J.-F. GUELF
	M.	M. ECKHOUTTE

PROFESSEURS CLASSE EXCEPTIONNELLE

M.	CABANIE Paul , <i>Histologie, Anatomie pathologique</i>
M.	DARRE Roland , <i>Productions animales</i>
M.	DORCHIES Philippe , <i>Parasitologie et Maladies Parasitaires</i>
M.	TOUTAIN Pierre-Louis , <i>Physiologie et Thérapeutique</i>

PROFESSEURS 1^{ère} CLASSE

M.	AUTEFAGE André , <i>Pathologie chirurgicale</i>
M.	BODIN ROZAT DE MANDRES NEGRE Guy , <i>Pathologie générale, Microbiologie, Immunologie</i>
M.	BRAUN Jean-Pierre , <i>Physique et Chimie biologiques et médicales</i>
M.	DELVERDIER Maxence , <i>Histologie, Anatomie pathologique</i>
M.	EUZEBY Jean , <i>Pathologie générale, Microbiologie, Immunologie</i>
M.	FRANC Michel , <i>Parasitologie et Maladies Parasitaires</i>
M.	MARTINEAU Guy-Pierre , <i>Pathologie médicale du Bétail et des Animaux de basse-cour</i>
M.	MILON Alain , <i>Pathologie générale, Microbiologie, Immunologie</i>
M.	PETIT Claude , <i>Pharmacie et Toxicologie</i>
M.	REGNIER Alain , <i>Physiopathologie oculaire</i>
M.	SAUTET Jean , <i>Anatomie</i>
M.	SCHELCHER François , <i>Pathologie médicale du Bétail et des Animaux de basse-cour</i>

PROFESSEURS 2^e CLASSE

Mme	BENARD Geneviève , <i>Hygiène et Industrie des Denrées Alimentaires d'Origine Animale</i>
M.	BERTHELOT Xavier , <i>Pathologie de la Reproduction</i>
M.	CONCORDET Didier , <i>Mathématiques, Statistiques, Modélisation</i>
M.	CORPET Denis , <i>Science de l'Aliment et Technologies dans les industries agro-alimentaires</i>
M.	DUCOS Alain , <i>Zootéchnie</i>
M.	DUCOS DE LAHITTE Jacques , <i>Parasitologie et Maladies parasitaires</i>
M.	ENJALBERT Francis , <i>Alimentation</i>
M.	GUERRE Philippe , <i>Pharmacie et Toxicologie</i>
Mme	KOLF-CLAUW Martine , <i>Pharmacie -Toxicologie</i>
M.	LEFEBVRE Hervé , <i>Physiologie et Thérapeutique</i>
M.	LIGNEREUX Yves , <i>Anatomie</i>
M.	PICAVET Dominique , <i>Pathologie infectieuse</i>

PROFESSEUR ASSOCIE

M.	HENROTEAUX Marc , <i>Médecine des carnivores</i>
----	---

INGENIEUR DE RECHERCHES

M.	TAMZALI Youssef , <i>Responsable Clinique équine</i>
----	---

PROFESSEURS CERTIFIES DE L'ENSEIGNEMENT AGRICOLE

Mme	MICHAUD Françoise , <i>Professeur d'Anglais</i>
M.	SEVERAC Benoît , <i>Professeur d'Anglais</i>

MAÎTRE DE CONFERENCES HORS CLASSE

M. JOUGLAR Jean-Yves, *Pathologie médicale du Bétail et des Animaux de basse-cour*

MAÎTRE DE CONFERENCES CLASSE NORMALE

M. ASIMUS Erik, *Pathologie chirurgicale*
M. BAILLY Jean-Denis, *Hygiène et Industrie des Denrées Alimentaires d'Origine Animale*
M. BERGONIER Dominique, *Pathologie de la Reproduction*
M. BERTAGNOLI Stéphane, *Pathologie infectieuse*
Mme BOUCRAUT-BARALON Corine, *Pathologie infectieuse*
Mlle BOULLIER Séverine, *Immunologie générale et médicale*
Mme BOURGES-ABELLA Nathalie, *Histologie, Anatomie pathologique*
M. BOUSQUET-MELOU Alain, *Physiologie et Thérapeutique*
Mme BRET-BENNIS Lydie, *Physique et Chimie biologiques et médicales*
M. BRUGERE Hubert, *Hygiène et Industrie des Denrées Alimentaires d'Origine Animale*
Mlle CADIERGUES Marie-Christine, *Dermatologie*
Mme CAMUS-BOUCLAINVILLE Christelle, *Biologie cellulaire et moléculaire*
Mme COLLARD-MEYNAUD Patricia, *Pathologie chirurgicale*
Mlle DIQUELOU Armelle, *Pathologie médicale des Equidés et des Carnivores*
M. DOSSIN Olivier, *Pathologie médicale des Equidés et des Carnivores*
M. FOUCRAS Gilles, *Pathologie du bétail*
Mme GAYRARD-TROY Véronique, *Physiologie de la Reproduction, Endocrinologie*
M. GUERIN Jean-Luc, *Elevage et Santé Avicoles et Cunicoles*
Mme HAGEN-PICARD Nicole, *Pathologie de la Reproduction*
M. JACQUIET Philippe, *Parasitologie et Maladies Parasitaires*
M. JAEG Jean-Philippe, *Pharmacie et Toxicologie*
M. LYAZRHI Faouzi, *Statistiques biologiques et Mathématiques*
M. MARENDI Marc, *Pathologie de la reproduction*
M. MATHON Didier, *Pathologie chirurgicale*
Mme MESSUD-PETIT Frédérique, *Pathologie infectieuse*
M. MEYER Gilles, *Pathologie des ruminants*
M. MONNEREAU Laurent, *Anatomie, Embryologie*
Mme PRIYMENKO Nathalie, *Alimentation*
Mme RAYMOND-LETRON Isabelle, *Anatomie pathologique*
M. SANS Pierre, *Productions animales*
Mlle TRUMEL Catherine, *Pathologie médicale des Equidés et Carnivores*
M. VERWAERDE Patrick, *Anesthésie, Réanimation*

MAÎTRE DE CONFERENCES CONTRACTUELS

M. CASSARD Hervé, *Pathologie du bétail*
N. DESMAIZIERES Louis-Marie, *Clinique équine*

MAÎTRE DE CONFERENCES ASSOCIE

M. REYNOLDS Brice, *Pathologie médicale des Equidés et Carnivores*

ASSISTANTS D'ENSEIGNEMENT ET DE RECHERCHE CONTRACTUELS

M. CORBIERE Fabien, *Pathologie des ruminants*
Mlle LACROUX Caroline, *Anatomie pathologique des animaux de rente*
Mme MEYNADIER-TROEGELER Annabelle, *Alimentation*
M. MOGICATO Giovanni, *Anatomie, Imagerie médicale*
Mlle PALIERNE Sophie, *Chirurgie des animaux de compagnie*

A notre Président de thèse,

Monsieur le Professeur Dabernat,

Qui nous a fait l'honneur d'accepter la présidence de notre jury de thèse.

Hommages respectueux.

A notre jury de thèse,

Monsieur le Docteur Martineau
Professeur de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse
Pathologie médicale du Bétail et des Animaux de basse-cour

Qui nous a aidé et guidé dans l'élaboration de notre travail, ainsi que durant notre scolarité.

Qu'il trouve ici la marque de notre reconnaissance et de notre profond respect.

Monsieur le Docteur Darre
Professeur de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse
Productions animales

Qui a aimablement accepté de participer à notre jury de thèse.

Sincères remerciements.

Monsieur le Docteur Le Dividich
Directeur de recherche
Unité Mixte de Recherche sur les Systèmes d'Elevage et la Nutrition Animale et Humaine
Institut National de Recherche Agronomique

Qui nous a aimablement fait partager son expérience et son savoir, et qui nous a guidé dans l'élaboration de ce travail.

Sincères remerciements.

A mes parents, pour leur amour et leur soutien constant tout au long de ces années, en témoignage de mon amour et de ma reconnaissance.

A mes sœurs Mireille, Catherine, Laetitia, et Constance, et mon frère Benjamin ; je vous adore.

A leurs époux, compagnon et épouse ainsi qu'à leurs enfants, sources de partage et de bonheur.

A ma famille, des deux côtés du Rhin, citoyens européens.

A Frédéric, Christophe et Steev, toujours dans mon sang, et à Marie-Jo, complice discrète. Pour ces années passées sur ce petit bout de terre entre colza et champagne qui nous paraissait immense. Mais ce n'était que le préambule.

A Alexa, ma sœur sur le chemin parcouru et pour les années à venir.

A Caro, Mylène, et JP, complices indéfectibles, vous m'avez fait croquer ces années, les suivantes sont déjà là. A Lucille et Paul, Guillaume et Julia, mes anti-stress et joies du doute perpétuel, espérances en marche.

A Vanessa, Arnaud, Ben, Charly, Ghis, Gonçalo, Guillem, Paul-Arnaud, P.O., Riccardo, ainsi qu'aux anciens : Brice et Manu, Philippe et Sophie, tous compagnons des années de prépa et d'école.

La distance n'est rien, le cœur est tout.

A tous ceux que j'oublie, pour les bons moments passés ensemble.

Aux copains du rugby, à XIII et à XV, Villeneuve-Tolosane et Pontivy, grandes familles rugueuses qui m'ont accueilli avec générosité.

A PIC qui m'a permis de réaliser les manipulations en élevage.

A toute l'équipe de Cazals, en reconnaissance de son aide dans ce travail, et pour le partage de son expérience dans le métier.

A Jean-Pierre, Valérie et Patricia qui m'ont accueilli pour mon apprentissage et soutenu constamment.

Au laboratoire CEVA, en la personne d'Elisabeth Sallé qui m'a proposé ce sujet, pour son aide et sa patience.

A Didi et Françoise, merci pour votre aide précieuse et votre disponibilité constante.

TABLE DES MATIERES

TABLE DES ILLUSTRATIONS	9
INTRODUCTION	13
A. SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE	15
I. LE COLOSTRUM, DEFINITION, COMPOSITION	15
I.1. La phase colostrale	15
I.2. Composition globale du colostrum, et son évolution	17
II. LE COLOSTRUM : SOURCE D'IMMUNITE	21
II.1. Statut immunitaire du porc nouveau-né	21
II.2. La composante immune du colostrum	23
<i>II.2.1. Les immunoglobulines</i>	23
<i>II.2.2. Les cellules immunitaires</i>	27
II.3. Absorption intestinale des immunoglobulines	29
II.4. Signification d'une immunité « correcte » pour le nouveau-né	31
III. LE COLOSTRUM : PREMIER ALIMENT DU PORCELET	35
III.1. Quantité de colostrum consommé	35
III.2. Utilisation de l'énergie colostrale par le porcelet et rôle dans la thermorégulation	37
IV. AUTRES ROLES DU COLOSTRUM	39
IV.1. Le colostrum et le développement de la fonction digestive	39
IV.2. Le colostrum, unique source de lipides pour le porcelet	39
V. LE COLOSTRUM ET LA SURVIE DU PORCELET	41
VI. ESTIMATION DE LA QUALITE IMMUNE DU COLOSTRUM	45
VI.1. Méthodes directes	45
VI.2. Méthodes indirectes	45

B. ETUDE EXPERIMENTALE	49
I. MATERIELS ET METHODES	49
I.1. Cadre expérimental	49
I.2. Critères d'inclusion	51
I.3. Critères de non-inclusion des animaux	53
I.4. Analyse et conditionnement des échantillons en élevage	53
I.5. Réalisation pratique	53
I.6. Analyse des échantillons en laboratoire	55
II. RESULTATS	57
II.1. Etude de la composition du colostrum en fonction des données et résultats zootechniques	57
<i>II.1.1. Structure de l'échantillon</i>	57
<i>II.1.2. Immunité des truies quatre semaines avant mise bas et immunité colostrale</i>	61
<i>II.1.3. Caractéristiques du colostrum et zootechnie</i>	61
II.2. Relation entre les différentes caractéristiques du colostrum	67
II.3. Les outils étudiés sont-ils de bons marqueurs de la composition colostrale ?	67
III. DISCUSSION	73
III.1. Limites de l'étude	73
III.2. Composition du colostrum au moment de la mise bas et facteurs de variation	73
III.3. Mesures au pèse-colostrum et au réfractomètre	81
 CONCLUSION	 83
 BIBLIOGRAPHIE	 85

TABLE DES ILLUSTRATIONS

<u>Figure 1</u> : Evolution de la teneur des principaux éléments du colostrum	16
<u>Figure 2</u> : Evolution de la proportion des différentes protéines du colostrum	16
<u>Figure 3</u> : Evolution de la concentration des immunoglobulines colostrales	22
<u>Tableau 1</u> : Teneur en immunoglobuline G du colostrum de truie en début de mise bas	24
<u>Tableau 2</u> : Facteurs influençant la qualité immunologique du colostrum	24
<u>Figure 4</u> : Evolution de la concentration sanguine en immunoglobulines G du porcelet	30
<u>Fiche 1</u> : Bonnes pratiques vaccinales	32
<u>Tableau 3</u> : Réserves énergétiques du porcelet, de l'agneau et de l'enfant à la naissance	34
<u>Figure 5</u> : Production de chaleur et température rectale en relation avec la consommation de colostrum chez des porcelets gardés à 18 °C	36
<u>Figure 6</u> : Evolution des résultats de GTTT en Bretagne de 1990 à 2003	40
<u>Figure 7</u> : Taux de perte sous la mère en Bretagne de 1994 à 2003	40
<u>Tableau 4</u> : Caractéristiques des porcelets mourrant après la naissance	42
<u>Figure 8</u> : Pèse-colostrum bovin	46
<u>Tableau 5</u> : Note de déclenchement en fonction du traitement appliqué	51
<u>Tableau 6.1</u> : Répartition des truies selon le rang de portée et la bande	57
<u>Tableau 6.2</u> : Répartition des truies selon le rang de portée et la bande (pourcentage)	57
<u>Tableau 7.1</u> : Répartition des truies selon la lignée, la voie et la bande	59
<u>Tableau 7.2</u> : Répartition des truies selon la lignée, la voie et la bande (pourcentage)	59
<u>Tableau 10</u> : Caractéristiques du colostrum et zootechnie	60
<u>Tableau 8</u> : Comparaison IgG sériques quatre semaines avant mise bas et IgG colostrales à la mise bas	61
<u>Tableau 9</u> : Caractéristiques du colostrum récolté	61
<u>Figure 9</u> : Teneur en matière sèche du colostrum et rang de portée	62
<u>Figure 10</u> : Qualité immune du colostrum et lignée génétique	62
<u>Tableau 11</u> : Facteurs explicatifs de la variation de la composition du colostrum	63
<u>Tableau 12</u> : Analyse des facteurs de variation de la composition du colostrum	63
<u>Figure 11</u> : Qualité immune du colostrum et voie de sélection	64
<u>Figure 12</u> : Qualité immune du colostrum et bande	64

<u>Figure 13</u> : Répartition des données Immunoglobulines Colostrales des primipares et des multipares	64
<u>Figure 14</u> : Pèse-colostrum et qualité immune du colostrum	66
<u>Figure 15</u> : Pèse-colostrum et densité du colostrum	66
<u>Tableau 13</u> : Corrélation entre les caractéristiques physiques et chimiques du colostrum	67
<u>Tableau 14</u> : Résultat des mesures au pèse-colostrum et au réfractomètre	67
<u>Figure 16</u> : Pèse-colostrum et teneur en matière sèche du colostrum	68
<u>Figure 17</u> : Pèse-colostrum et concentration protéique du colostrum	68
<u>Tableau 15</u> : Corrélation entre les mesures au pèse-colostrum, au réfractomètre et la composition du colostrum	69
<u>Figure 18</u> : Pèse-colostrum et température du colostrum	70
<u>Figure 19</u> : Réfractomètre et qualité immune du colostrum	70
<u>Figure 20</u> : Réfractomètre et densité du colostrum	71
<u>Figure 21</u> : Réfractomètre et teneur en matière sèche du colostrum	71
<u>Figure 22</u> : Réfractomètre et concentration protéique du colostrum	72
<u>Figure 23</u> : Corrélation des mesures au réfractomètre et au pèse-colostrum	72

INTRODUCTION

Le colostrum est le premier produit de la mamelle de la femelle de mammifère. Pour les porcelets, il est déterminant dès les premiers instants de vie. Par son apport d'énergie nécessaire pour couvrir les dépenses de thermorégulation et de croissance il joue d'abord un rôle nutritionnel (Noblet & Le Dividich, 1981). Il a ensuite un rôle immunitaire : il est le vecteur du transfert d'immunoglobulines et de lymphocytes de la truie aux porcelets (Bourne & Curtis, 1973). Par action mécanique, il permet l'élimination du méconium. Enfin par son apport de facteurs de croissance, son rôle est physiologique (Widdowson *et al.*, 1976).

Aujourd'hui, dans l'Europe des 15, plus de 52 millions de porcelets, parmi lesquels 40 millions sont vivants à la naissance, meurent avant le sevrage. Ces pertes sont inacceptables à la fois pour le producteur lui-même en raison de leur impact économique et pour l' "image" de la production. Même si l'écrasement par la truie représente habituellement la principale cause ultime, de nombreux auteurs (Hendrix *et al.*, 1978 ; Dicks & Swiestra, 1987 ; de Passillé & Rushen, 1988 ; Weary *et al.*, 1996 ; Tuscherer *et al.*, 2000, Edwards, 2002 ; Le Dividich *et al.*, 2004) s'accordent à reconnaître qu'une consommation insuffisante de colostrum explique directement et indirectement la majeure partie de la mortalité par sous alimentation et par défaut d'acquisition d'une immunité satisfaisante. Selon Edwards et Rooke (1999), l'acquisition d'une immunité passive non satisfaisante pourrait également affecter la santé et les performances des porcelets en post-sevrage, soulignant donc l'importance de l'acquisition d'une bonne immunité passive. La consommation de colostrum dépend essentiellement de l'aptitude de la truie à en produire et de l'aptitude du porcelet à l'extraire de la mamelle. Tout en gardant cela à l'esprit, notre intérêt s'est porté sur la qualité immunologique du colostrum. Le but de notre travail est de savoir s'il est possible de l'estimer rapidement en élevage. En s'affranchissant de mesures en laboratoire, certes plus précises, mais parfois longues et souvent coûteuses, cela permettrait de mettre à la disposition à la fois du praticien, du technicien et de l'éleveur un outil simple pour estimer la qualité immunologique du colostrum des truies.

Après avoir fait le bilan des connaissances sur la composition globale du colostrum et sur ses rôles pour le porcelet dans la synthèse bibliographique, nous exposons notre expérimentation et ses résultats que nous discutons en relation avec les données de la bibliographie.

A. SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

I. LE COLOSTRUM, DEFINITION, COMPOSITION

Le colostrum est le premier produit de la mamelle dans les heures précédant et suivant la parturition.

I.1. La phase colostrale

La phase colostrale peut être définie comme la mise en place de la lactation, au moment de la parturition, à la transition entre la gestation et la lactation. Pour Klopfenstein (2002), la phase colostrale devrait même être considérée comme la dernière phase de la gestation. Le mode de production du colostrum diffère d'ailleurs de celui du lait. Le colostrum est produit par la mamelle à la fois par transsudation et par sécrétion, alors que le lait est produit uniquement par sécrétion (Bourne & Curtis, 1973) :

- d'une part les jonctions serrées entre lactocytes ne sont pas encore fermées (Neville *et al.*, 2001) permettant le passage para-cellulaire de cellules immunitaires, d'immunoglobulines et d'électrolytes de la circulation sanguine à la lumière des alvéoles (Klopfenstein *et al.*, 2002).

- d'autre part l'organisation des organites des lactocytes ne montre pas encore leur spécialisation de cellules sécrétrices polarisées comme lors de la lactogénèse (Kensinger *et al.*, 1986), et ce malgré des phénomènes de sécrétion : pinocytose inversée de minéraux et de glucides, exocytose de globules gras et passage trans-cellulaire d'immunoglobulines (Delouis *et al.*, 2001 ; Klopfenstein *et al.*, 2002).

Selon Klopfenstein (2002), la gestation et la lactation sont des stades physiologiques dynamiques. La phase colostrale a lieu pendant le passage entre ces deux stades différents. Les changements comportementaux, tissulaires, vasculaires et métaboliques sont en harmonie (homéorhèse) pour permettre la fin de la gestation et le démarrage de la lactation. Période transitoire par excellence, la phase colostrale a donc lieu pendant que des modifications physiologiques et métaboliques majeures contrôlées par le système hormonal ont lieu chez la truie (Klopfenstein, 2002 ; Devillers, 2004). Elle commence en fin de période

Figure 1 : Evolution de la teneur des principaux éléments du colostrum
(Klobasa 1987)

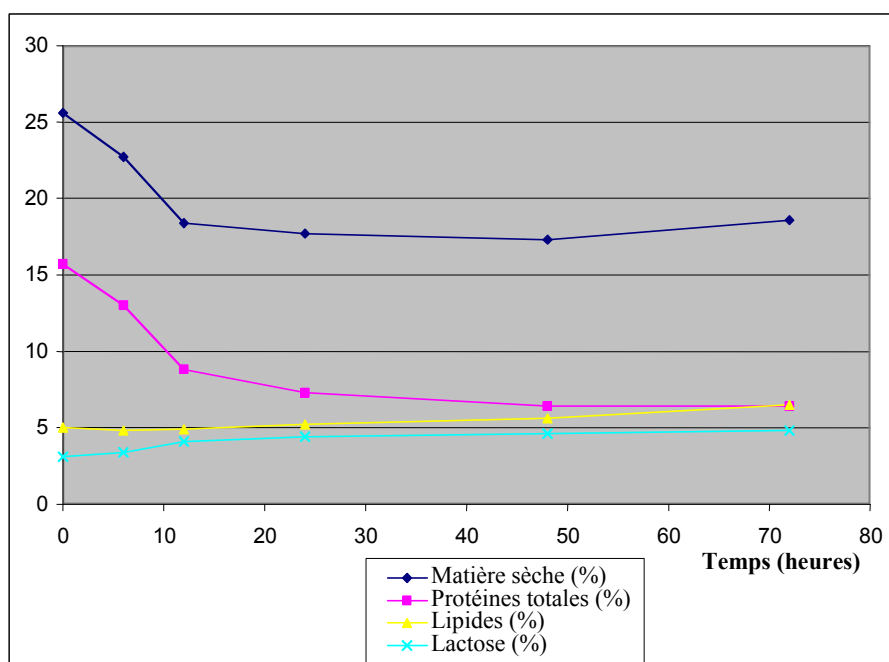
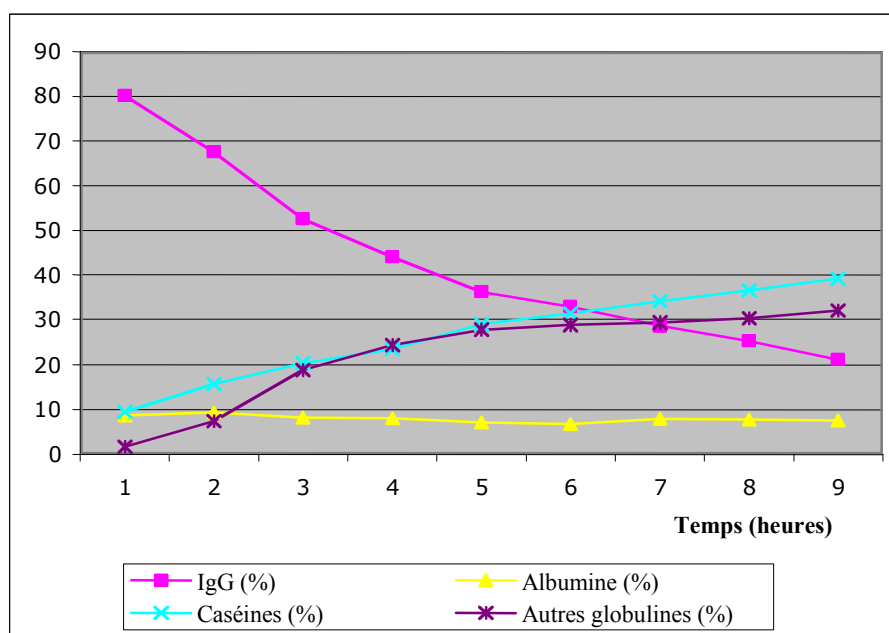


Figure 2 : Evolution de la proportion des différentes protéines du colostrum
(Klobasa 1987)



de gestation avec l'apparition de colostrum à la mamelle (Kensinger, *et al.* 1982 ; Kensinger *et al.*, 1986). Celui-ci contient plus de protéines, moins de graisses et moins de glucides que le lait (Kernbaum, 1998). On différencie le colostrum du lait par sa composition. La phase colostrale s'arrête donc lorsque la différence avec le lait n'est plus perceptible, c'est-à-dire 20 à 30 heures après la mise bas (Klobasa *et al.*, 1987 ; Klopfenstein, 2002).

I.2. Composition globale du colostrum, et son évolution

Le colostrum est caractérisé par sa richesse en protéines et sa faible teneur en lipides et en glucides par rapport au lait. Sa composition évolue en 24 heures vers celle du lait (figure 1 : Evolution de la teneur des principaux éléments du colostrum) (Klobasa *et al.*, 1987).

Le colostrum est un liquide dense. Selon Klobasa *et al.* (1987), il contient 25.6% de matière sèche à la mise bas. Ce taux tombe à 17.3% vingt-quatre heures plus tard. Ceci s'explique par l'évolution des taux du principal constituant du colostrum que sont les protéines.

Celles-ci voient leur proportion passer de $15.7\% \pm 2.3$ à $6.4\% \pm 0.7$ en 48 heures. Les immunoglobulines, qui en représentent d'abord 80%, laissent progressivement place aux caséines et aux autres globulines pour ne plus représenter que 46% des protéines 48 heures plus tard (figure 2 : Evolution de la proportion des différentes protéines du colostrum) (Klobasa *et al.*, 1987). À ce titre, les immunoglobulines peuvent être considérées comme les marqueurs de la phase colostrale. Si la teneur en protéines du colostrum est variable au cours du temps, sa composition en acides aminés est relativement stable, avec la chute seulement des acides aminés caractéristiques des immunoglobulines : thréonine, valine, leucine (Elliott *et al.*, 1971 ; Hartmann & Holmes, 1989 ; Le Dividich & Herpin, 1993). Nous détaillons l'évolution des immunoglobulines ci-après avec la composante immune du colostrum.

Une des caractéristiques de la composition du colostrum, notamment de sa teneur en protéines, est sa forte variabilité (Perrin, 1954 ; Atwood & Hartmann, 1993). Les facteurs explicatifs de la variabilité entre truies de la proportion de protéines du colostrum et plus particulièrement de sa teneur en immunoglobulines (génotype, parité, alimentation, prolificité) sont détaillés ci-après avec la composante immune du colostrum.

La teneur en lipides du colostrum de truie oscille autour de 5% pendant la mise bas et atteint 6-7 % après 48 heures (figure 1). Le taux de lipides du lait décroît lentement au cours de la lactation. Ce sont majoritairement des acides gras longs (>C14) dans les deux sécrétions (Seerley *et al.*, 1978 ; Newcomb *et al.*, 1991).

Le taux de lipides est le taux le plus variable de la composition du colostrum et du lait de truie (Shurson *et al.*, 1986). La teneur en lipides ainsi que la nature des acides gras du colostrum sont positivement influencés par le régime alimentaire de la truie en fin de gestation et début de lactation (Seerley *et al.*, 1978 ; Coffey *et al.*, 1982 ; Coffey *et al.*, 1987 ; Migdal, 1991 ; Newcomb *et al.*, 1991). Goransson (1990) montre même qu'une restriction alimentaire importante en fin de gestation augmente la proportion de lipides dans le colostrum. On peut envisager que cela soit en rapport avec la mobilisation par la truie de ses réserves lipidiques.

Les facteurs liés à la truie sont plus discrets. Le génotype : les Meishan ont un colostrum plus gras que les races européennes (Le Dividich *et al.*, 1991 ; Zou *et al.*, 1992) entre lesquelles il n'est pas rapporté de différence (Salmon-Legagneur, 1961 ; Fahmy, 1972, Csapo & Csapo-Kiss, 1993). La réduction de la durée de gestation réduit le taux de lipides du colostrum (Jackson *et al.*, 1995), mais ni la taille de portée ni la parité ne semblent avoir d'effet (Klobasa & Butler, 1987 ; Klobasa & Werhahn, 1996). Ceci est important à souligner car de nombreux cliniciens affirment souvent que le colostrum des truies primipares est différent de celui des multipares.

Le lactose est le principal glucide du colostrum. Sa proportion est 100 à 1000 fois plus importante que celle du glucose, du fructose ou du galactose (Atwood *et al.*, 1995). Elle augmente lentement de 3% dans le colostrum à 4-5% dans le lait de la truie (figure 1) (Salmon-Legagneur, 1961 ; Klobasa *et al.*, 1987). Contrairement aux protéines et aux lipides, la teneur en lactose est très peu variable d'une truie à l'autre, et peu dépendante du régime alimentaire de la truie (Salmon-Legagneur, 1959).

Le colostrum contient d'autres éléments :

- Des minéraux : il est plus pauvre en calcium que le lait, et plus riche en éléments traces (Cu, Zn, Mn, Fe) (Salmon-Legagneur & Gueguen, 1962), de façon insensible par rapport au régime alimentaire de la truie (Coffey *et al.*, 1982),
- Des vitamines, plus abondantes que dans le lait (Csappo *et al.*, 1996),

- Des hormones, des peptides à activité biologique dont les plus étudiés sont l'insuline et l'insuline-like growth factor 1 (IGF-1). La plupart de ces substances ont entre autre un rôle pour le développement du porcelet,
- Des cellules épithéliales issues de la desquamation de la mamelle, et des cellules immunitaires sur lesquelles nous reviendrons ci-après avec la composante immune du colostrum. On compte 1 à 3 millions de cellules par millilitre de colostrum.

II. LE COLOSTRUM : SOURCE D'IMMUNITE

Le rôle le plus anciennement connu du colostrum est son rôle immunitaire (Bourne & Curtis, 1973) : il est le vecteur du transfert d'immunoglobulines et de lymphocytes de la truie aux porcelets.

II.1. Statut immunitaire du porc nouveau-né

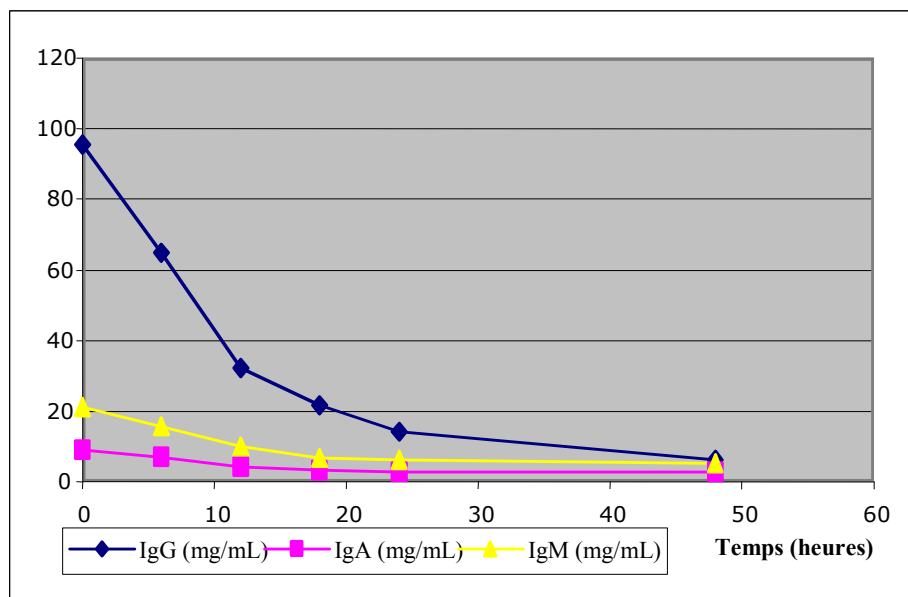
Le système immunitaire du porcelet se développe *in utero*, et on considère que l'état de tolérance fœtale disparaît au 80^{ème} jour de gestation, lorsque l'ensemble des types de cellules immunitaires est présent et fonctionnel (Salmon, 1984).

La placentation épithéliochoriale des suidés est caractérisée par une barrière de 6 couches cellulaires (Brambell, 1969) entre les circulations sanguines du fœtus et de la truie. Elle empêche le transfert des anticorps maternels vers le fœtus. Le porcelet naît donc dépourvu de gammaglobulines (Porter, 1969 ; Bourne, 1976). Le transfert de l'immunité maternelle se fait donc via le colostrum.

Le statut immunologique du porcelet après quelques heures de vie dépend donc :

- de la tolérance qu'il aura pu acquérir vis-à-vis d'agents infectieux rencontrés avant le 80^{ème} jour de gestation,
- de l'immunité active acquise *in utero* s'il a rencontré des agents infectieux après le 80^{ème} jour de gestation,
- enfin et surtout de l'immunité passive acquise via le colostrum.

Figure 3 : Evolution de la concentration des immunoglobulines colostrales
(Klobasa 1987)



Le système immunitaire du porcelet est donc fonctionnel mais naïf. Son principal moyen de défense est l'immunité passive que lui transmet la truie via son colostrum. C'est de la qualité de ce transfert que va essentiellement dépendre la résistance du porcelet aux infections dans les premières semaines de vie.

II.2. La composante immune du colostrum

Les principaux facteurs immuns présents dans le colostrum sont les immunoglobulines G (IgG), A (IgA) et M (IgM), ainsi que les cellules immunitaires. Leurs proportions ainsi que leur provenance évoluent au cours de la phase colostrale.

II.2.1. Les immunoglobulines

En début de mise bas, les immunoglobulines sont prépondérantes. Elles représentent 80 % des protéines, composant alors majeur du colostrum.

En début de mise bas, parmi les immunoglobulines, 75% sont des IgG, 18% des IgA, et 7% des IgM (figure 2 ; figure 3 : Evolution de la concentration des immunoglobulines colostrales) (Klobasa, 1987). La majorité d'entre elles provient directement du sang de la truie par passage paracellulaire. Ceci concerne 100% des IgG et 40% des IgA (Bourne & Curtis, 1973).

Les proportions d'immunoglobulines s'inversent rapidement, et dans le lait, 72 heures après la mise bas, 50% des immunoglobulines sont des IgA, 30% sont des IgG et 20% des IgM. Ainsi, 3 jours après mise bas, 70% des IgG et 90% des IgA sont synthétisées par la mamelle (Bourne & Curtis, 1973). Cette évolution correspond à l'évolution structurale de la mamelle : la part de passage paracellulaire va en diminuant. Il y a imperméabilisation des jonctions serrées entre les lactocytes, et leur polarisation traduit leur spécialisation en cellules sécrétrices (Neville *et al.*, 2001 ; Kensinger *et al.*, 1986).

Lors de la mise en place de la synthèse du colostrum ainsi qu'après la mise bas, parallèlement à l'évolution histologique de la mamelle, le taux d'immunoglobulines sanguin de la truie diminue (Huang *et al.*, 1982). Il remonte à son niveau initial 5 semaines après la mise bas. Jonsson (1973) trouve une forte corrélation entre les concentrations d'IgG sériques et colostrales de la truie à la mise bas.

Tableau 1 : Teneur en immunoglobuline G du colostrum de truie en début de mise bas

(Klobasa 1987, Devillers 2004, Prieto 1998, Inoue 1980, Le Dividich 2004)

	Klobasa 1987	Le Dividich <i>et al.</i> 2004	Prieto <i>et al.</i> 1998	Inoue <i>et al.</i> 1980	Devillers 2004
Concentrations colostrales IgG, moyenne ou fourchette.	95,6 g/L	40 à 127 g/L	15 à 183 g/L	11 à 101 g/L	38 à 112 g/L
Coefficient de variation	34%	39%		28%	

Tableau 2 : Facteurs influençant la qualité immunologique du colostrum

Qualité immunologique du colostrum			
Paramètre	Effet	Publication	Effectif
Truie	Oui	Devillers 2004	43 truies
	Oui	Bland <i>et al.</i> 1999	8 truies
	Oui	Bland et Rooke 1998	9 truies
Parité	non à 0 h post mise bas	Devillers 2004	43 truies
	Non	Takeshi Inoue 1980	157 (ii) éch.
	Faible	Prieto et al 1998	63 truies
	Non	Klobasa 1987	25 truies
Age	Oui	Takeshi Inoue 1980	157 (ii) éch.
Etat corporel	Faible	Prieto et al 1998	63 truies
Alimentation	Oui	Takeshi Inoue 1980	157 (ii) éch.
Taille de portée	Faible	Prieto et al 1998	63 truies
	Non	Klobasa 1987	25 truies
Tétine	Oui	Bland et Rooke 1998	9 truies
	Non	Takeshi Inoue 1980	157 (ii) éch.
Type d'élevage (i)	Oui	Takeshi Inoue 1980	157 (ii) éch.
Taille d'élevage	Oui	Takeshi Inoue 1980	157 (ii) éch.
Lieu Géographique	Oui	Takeshi Inoue 1980	157 (ii) éch.

i: naisseur versus naisseur-engraisseur

ii: 157 échantillons de colostrum. Nombre de truies inconnu, estimé à 31.

L'immunité transmise au porcelet est donc d'abord une immunité humorale, principalement par les IgG. Les IgA et IgM permettent également au porcelet d'acquérir une immunité des muqueuses, digestives mais également respiratoires. Salmon (1998) rapporte une ré-excrétion par les cellules trachéo-bronchiques des IgA absorbées par l'intestin. Il est vraisemblable que ce phénomène ne concerne pas que la muqueuse respiratoire.

Les facteurs de variation de l'acquisition de l'immunité colostrale par le porcelet sont liés à la truie et sa production colostrale d'une part et, d'autre part, au porcelet et sa capacité à extraire le colostrum de la mamelle.

Les facteurs liés à la truie modulent la quantité d'immunoglobulines présente dans le colostrum. Les immunoglobulines les plus fréquemment dosées sont les IgG. Les différents auteurs rapportent des teneurs extrêmes de 11.74 g/L à 183 g/L en début de mise bas selon les truies avec des coefficients de variation de 29 à 39% au sein d'une même étude (tableau 1 : Teneur en immunoglobuline G du colostrum de truie en début de mise bas) (Klobasa *et al.*, 1987 ; Le Dividich *et al.*, 2004 ; Prieto *et al.*, 1998 ; Inoue *et al.*, 1980 ; Devillers 2004). Ces coefficients de variation sont importants, mais le plus souvent inexpliqués. Les facteurs de variation explorés sont la saison, le type d'élevage, sa localisation géographique, le génotype des truies, la parité, l'alimentation ou encore le plan de vaccination des truies. Les facteurs le plus souvent mis en avant sont la truie elle-même et la tétine tétée par le porcelet, les tétines caudales ayant un colostrum plus pauvre en IgG que les tétines craniales (tableau 2 : Facteurs influençant la qualité immunologique du colostrum) (Gooneratne *et al.*, 1979 ; Prieto *et al.*, 1998 ; Bland & Rooke, 1998 ; Bland *et al.*, 1999 ; Inoue *et al.*, 1980 ; Klobasa *et al.*, 1987 ; Devillers 2004). La dynamique de sécrétion varie d'une truie à l'autre. Les unes produisent un colostrum d'abord riche en immunoglobulines, et cette teneur chute en quelques heures, défavorisant les porcelets accédant en dernier à la mamelle. D'autres truies ont un colostrum peu riche en immunoglobulines, mais ce taux évolue moins vite dans le temps. Entre les deux, tous les cas de figure semblent possibles (Le Dividich, communication personnelle). Ce constat permet d'expliquer en partie la variabilité de l'acquisition de l'immunité maternelle entre porcelets de portées différentes, cette acquisition étant fonction des quantités cumulées de colostrum consommé jusqu'à un plateau d'IgG sériques.

Les IgG disponibles pour un porcelet dépendent donc de facteurs, peu compris pour leur majorité (Rooke & Bland, 2002) par manque de données.

Les facteurs de variation liés au porcelet sont mieux connus et sont réflétés par la variation intra-portée de la prise colostrale. Elle augmente avec le poids de naissance, et elle est réduite lorsque les porcelets ont froid à la naissance (Le Dividich et Noblet, 1981). Les porcelets les plus petits, ceux ayant connu une hypoxie de parturition ont une première tétée retardée et leur prise colostrale est diminuée (Herpin *et al.*, 1996), indépendamment du rang de naissance (Devillers, 2004). Finalement, la prématurité rend la prise colostrale difficile (Milon *et al.*, 1983).

II.2.2. Les cellules immunitaires

Les cellules immunitaires représentent plus de 80% des 1 à 3 millions de cellules par mL du colostrum et leur proportion diminue jusqu'à 30 à 50% dans le lait établi, c'est-à-dire deux semaines après mise bas (Schollenberger *et al.*, 1986). On compte des leucocytes neutrophiles, des lymphocytes, des macrophages et des leucocytes éosinophiles.

Les leucocytes neutrophiles représentent 60% des cellules du colostrum à la mise bas (Evans, 1982). Leur proportion diminue progressivement jusqu'à 40% en deux semaines. Celle des lymphocytes, qui sont majoritairement les lymphocytes T, décroît légèrement de 10-20% à 10% dans le même temps. Les macrophages et les leucocytes éosinophiles sont présents dans des proportions inférieures à 5% (Evans *et al.*, 1982 ; Lee *et al.*, 1983 ; Le Jan, 1992 ; Schollenberger *et al.*, 1986).

Parmi les cellules du colostrum, seuls les leucocytes de la mère du porcelet franchissent la barrière intestinale. Ceux provenant d'une truie étrangère ne la traversent pas (Tuboly *et al.*, 1988). Ceci est important dans la gestion de l'équilibre des portées par le producteur, et donne son sens à la recommandation de ne pratiquer des adoptions de porcelets qu'après 24 heures de vie, c'est-à-dire après la période colostrale. Localisées dans les ganglions mésentériques, la rate, les poumons et le foie par la circulation lymphatique, les leucocytes maternels participent à l'immunité cellulaire active du porcelet (Suganuma *et al.*, 1986) comme cellules présentatrices d'antigènes ou comme cellules mémoire (Tuboly *et al.*, 1995).

II.3. Absorption intestinale des immunoglobulines

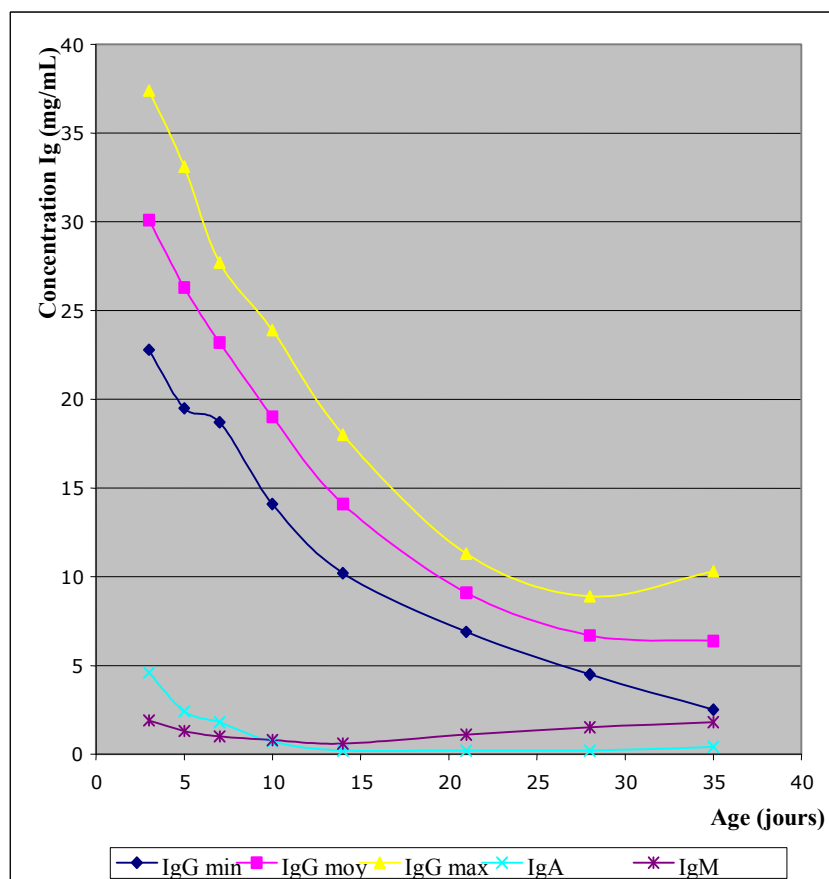
Lors de l'ingestion du colostrum, plusieurs facteurs assurent le maintien de l'intégrité des immunoglobulines. Ce sont notamment la présence d'un facteur anti-trypsique dans le colostrum qui limite la dégradation des immunoglobulines par les enzymes digestives (Carlsson *et al.*, 1980), et une activité protéolytique réduite dans le tractus digestif (Le Dividich *et al.*, 1998).

Les immunoglobulines arrivent intactes dans l'intestin grêle et sont absorbées par pinocytose de manière non spécifique (Lecce *et al.*, 1961 ; Payne & Marsh, 1962 ; Leary & Lecce, 1976). Les entérocytes du nouveau-né, fortement vacuolisés, sont dits immatures. Ils sont caractérisés par un système de microtubules très développé (Murata & Namioka, 1977) permettant la formation et le transfert de vésicules d'endocytoses de l'extrémité apicale vers l'extrémité basale des cellules. Cette population de cellules de type fœtal est progressivement remplacée par des cellules plus matures.

L'intestin grêle du porcelet est perméable aux macromolécules pendant 24 à 36 heures après la naissance (Weström *et al.*, 1984) mais la perméabilité est réduite de 50 % dès la 12^{ème} heure (Bourne & Curtis, 1973). Selon Rooke et Bland (2001), l'arrêt de l'absorption des immunoglobulines n'est pas dû à la cessation de leur passage à travers la membrane apicale des entérocytes ou « uptake » (internalisation des molécules de l'intestin grêle dans la cellule) car 38 % des cellules fœtales subsistent encore 8 jours après la naissance (Smith & Peacock, 1980), mais à l'arrêt du transfert dans la circulation sanguine au niveau de la membrane baso-latérale. Cependant les facteurs contrôlant ce mécanisme restent mal connus. Le colostrum semble nécessaire à l'induction de « l'uptake » (Carlsson *et al.*, 1980 ; Sangild *et al.*, 1994). Par ailleurs, selon Klobasa *et al.* (1990), la baisse de la capacité d'absorption n'est pas liée à l'heure de la naissance mais à l'heure d'ingestion du premier repas. Le jeûne prolonge en effet la durée de l'absorption (Payne & Marsh, 1962). Les facteurs responsables de l'induction de l'absorption et ceux qui provoquent l'arrêt de l'absorption sont peu connus. Les facteurs hormonaux telle l'insuline (Svendsen *et al.*, 1986 ; Svendsen *et al.*, 1990), les facteurs environnementaux comme la température (Blecha & Kelley, 1981) ou encore la prématurité (Milon *et al.*, 1983 ; Sangild & Schmidt, 1997) ne semblent avoir qu'un rôle secondaire. Pour Rooke et Bland (2001), plus qu'un facteur isolé, c'est la quantité de nutriments ingérés dans les heures qui suivent la naissance qui est déterminante. Les glucocorticoïdes semblent également impliqués car ils stimulent la maturation du tractus

Figure 4: Evolution de la concentration sanguine en immunoglobulines G du porcelet

(Klobasa *et al.*, 1981, Le Dividich *et al.*, 2003)



digestif (Sangild *et al.*, 2000). On peut aussi envisager que le système de transport soit saturable, c'est-à-dire que l'entérocyte ne soit capable de transférer qu'une quantité déterminée de molécules.

Les immunoglobulines G absorbées rejoignent la circulation sanguine, alors que les immunoglobulines A colostrales sont, après absorption, redistribuées à la surface des muqueuses, celles du lait restent dans la lumière intestinale. Butler (1981) a mis en évidence que les entérocytes des villosités intestinales absorbent préférentiellement les immunoglobulines G alors que l'absorption des immunoglobulines A et M est localisée dans les cryptes. La possibilité de l'existence de récepteurs spécifiques est débattue. A notre connaissance, ils n'ont pas été mis en évidence à ce jour chez le porcelet contrairement à l'homme ou au rat.

II.4. Signification d'une immunité « correcte » pour le nouveau-né

L'évolution de la concentration sanguine en IgG du porcelet est présentée à la figure 4 (Le Dividich *et al.*, 2003). Cette concentration est minimale aux alentours de 25-35 jours d'âge, c'est à dire au moment du sevrage. En fait, cette évolution est très variable. Notamment, le pic d'IgG après la naissance est en partie lié à la richesse du colostrum en IgG et à la quantité d'immunoglobulines consommées. La prise de colostrum est par ailleurs très variable ainsi que le suggère le gain de poids des porcelets variant entre - 150 et + 350 g au cours des premières 24 h de vie (Le Dividich *et al.*, 2004). Se pose alors le problème de la signification d'une immunité correcte. Curtis & Bourne (1973) montrent que la moitié des immunoglobulines d'origine colostrale sont catabolisées en 15 jours, et selon Silim *et al.* (1990) il n'en reste plus que 1 à 3 % après 60 jours de vie. Toutefois ces résultats reposent sur la décroissance de la concentration plasmatique des immunoglobulines mais n'ont pas pris en compte l'augmentation du volume sanguin du porcelet au cours de sa croissance (Rooke & Bland, 2002).

La signification d'une immunité « correcte » pour le nouveau-né est également débattue dans le cadre du développement ultérieur de son immunité active. Selon Klobasa (1981) et Drew & Owen (1988), une forte immunité passive retarderait le développement de l'immunité active en diminuant la stimulation du système immunitaire du porcelet par les antigènes (Silim *et al.*, 1990). Inversement, selon Rooke *et al.* (2003), l'acquisition d'une forte immunité passive stimulerait le développement de l'immunité active, les concentrations

Fiche 1 : Bonnes pratiques vaccinales

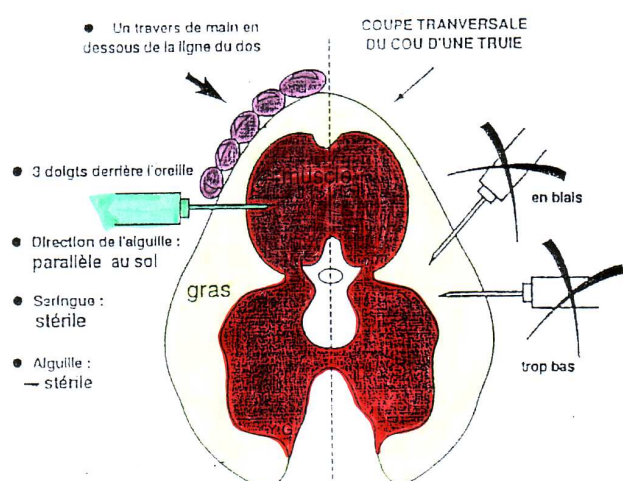
(Alno & Normand, communication personnelle)

- **Conservation du vaccin :**

- Conserver au réfrigérateur entre + 2 et + 8°C.
- Eviter de mettre les flacons au fond, ou au contact direct de la paroi (placer une plaque de polystyrène au fond).
- Eviter également le bac à légumes ou à proximité du freezer.
- Contrôler la température avec un thermomètre (mini-maxi).

- **Préparation**

- Les vaccins inactivés (contre le mycoplasme et la rhinite notamment) peuvent être placés à température ambiante (20°C), 12 à 24 heures maximum avant la vaccination.
- **Attention**, les vaccins vivants ne doivent pas être réchauffés et doivent être utilisés dans les deux heures suivant leur préparation.
- Tout flacon entamé doit être utilisé dans la même séance de vaccination quelque soit le type de vaccin.



Taille des aiguilles	Age des porcs
09/08	Porcelets sous la mère
16/08	Au sevrage
25/08	Post sevrage
40/11 ou 40/13	Charcutiers – Cochettes 40/20 = rhinite
50/11 ou 50/13	Truie – Verrat 50/20 = rhinite, vaccin huileux

- **Réalisation**

- Agiter les flacons avant usage.
- Pour les injections en intramusculaire, piquer derrière l'oreille, l'aiguille parallèle au sol (cf. schéma ci-contre).
- Pour les porcs adultes, faire l'injection un travers de main au dessous de la ligne de dos, trois doigts derrière l'oreille (cf. schéma ci contre).

- **Seringues et aiguilles**

- Les seringues et aiguilles doivent être stériles. Pour cela, préférer des aiguilles à usage unique. Sinon, les faire bouillir pendant 20 minutes avant de les placer dans une boîte hermétique (elle-même désinfectée) au réfrigérateur.
- Attention, les aiguilles et seringues ne doivent pas tremper dans du désinfectant. Une seule goutte résiduelle peut altérer un flacon entier de vaccin.
- Les abcès au cou sont un constat d'échec de l'hygiène des pratiques vaccinales.

plasmatiques en IgG à l'issue de la phase colostrale et au sevrage étant positivement corrélées. Enfin, il est raisonnable de penser que les cellules maternelles retrouvées dans de nombreux organes du porcelet après la prise colostrale jouent un rôle qui reste à explorer.

Dans ce cadre une immunité de bonne qualité peut être définie comme une immunité forte, d'origine maternelle, dirigée contre l'ensemble des antigènes susceptibles d'être rencontrés par l'individu. Des paramètres cliniques dans les premiers jours de vie sont nécessaires pour évaluer l'aptitude du colostrum à transmettre une immunité de bonne qualité : la nature des immunoglobulines ainsi que le spectre de pathogènes contre lesquels elles sont dirigées ne peuvent pas être évalués.

On peut toutefois restreindre la qualité immunologique à la quantité d'immunoglobulines présentes à deux conditions :

- La première est que le statut des animaux vis-à-vis des pathogènes soit homogène. Cela concerne d'abord les cochettes : qu'elles ne soient pas naïves. Que leur histoire immunitaire soit homogène de celle des autres truies. Ceci met l'accent sur leur accueil dans l'élevage : entre autre la contamination en quarantaine qui permet leur adaptation sanitaire. Il s'agit de 7 semaines de mise en contact avec des déjections de vieilles truies de maternité ainsi qu'avec des placentas hachés et des porcelets momifiés de moins de 5 cm (Alno, 1995). Cela concerne également la réalisation des vaccinations suivant les bonnes pratiques définies en annexe (fiche 1 : Bonnes pratiques vaccinales) (Alno & Normand, communication personnelle).
- La seconde condition est qu'il n'y ait pas de problème infectieux chez les porcelets en maternité. Ceci peut certes signifier l'absence de pathogène majeur, mais traduit surtout la résistance des porcelets aux pathogènes banals acquise via le colostrum.

Si ces deux conditions sont remplies, on pourra considérer que les truies sont bien immunisées par rapport aux antigènes rencontrés dans l'élevage. On admettra alors que les anticorps transmis via leur colostrum présentent la diversité dont a besoin le nouveau-né. La transmission d'une immunité « correcte » ne sera plus alors conditionnée que par l'aptitude de la truie à produire un colostrum riche en immunoglobulines et par l'aptitude du porcelet à l'extraire de la mamelle.

Tableau 3 : Réserves énergétiques du porcelet, de l'agneau et de l'enfant à la naissance
(Mellor & Cockburn, 1986)

		Porcelet	Agneau	Enfant
Glycogène	Foie (g/kg PV)	2,5	1,5	3,8
	Muscle (g/kg PV)	12,2	9,6	6
	Energie disponible (kcal/kg PV)	60	46	40
Lipides	Réserves totales (g/kg PV)	11	25	150
	Energie disponible (kcal/kg PV)	42	112	1301
Energie totale disponible (kcal/kg PV)		102	157	1341

III. LE COLOSTRUM : PREMIER ALIMENT DU PORCELET

C'est au cours des tout premiers jours de vie que les besoins nutritionnels du porc nouveau-né, en particulier en énergie, sont les plus élevés. Aux besoins de croissance – par kg de poids corporel, la synthèse protéique peut être jusqu'à 3 fois plus élevée au cours du premier jour de vie que durant la deuxième semaine d'âge (Le Dividich & Sève, 2001)- s'ajoutent ceux de thermorégulation qui sont plus élevés à la naissance. En effet, la température habituelle des "maternités" est le plus souvent proche de 22°C, soit une température de 8-10°C inférieure à la limite basse de la zone de thermoneutralité du nouveau-né. En outre, étant largement dépourvu de gras sous-cutané, ce dernier est mal isolé. Ainsi, par kg de poids métabolique, ses besoins de thermorégulation sont 3 fois supérieurs à ceux d'un porcelet pesant 7 à 8 kg, soit 48 vs 16 kJ / kg^{0.75} (Le Dividich *et al.*, 1998).

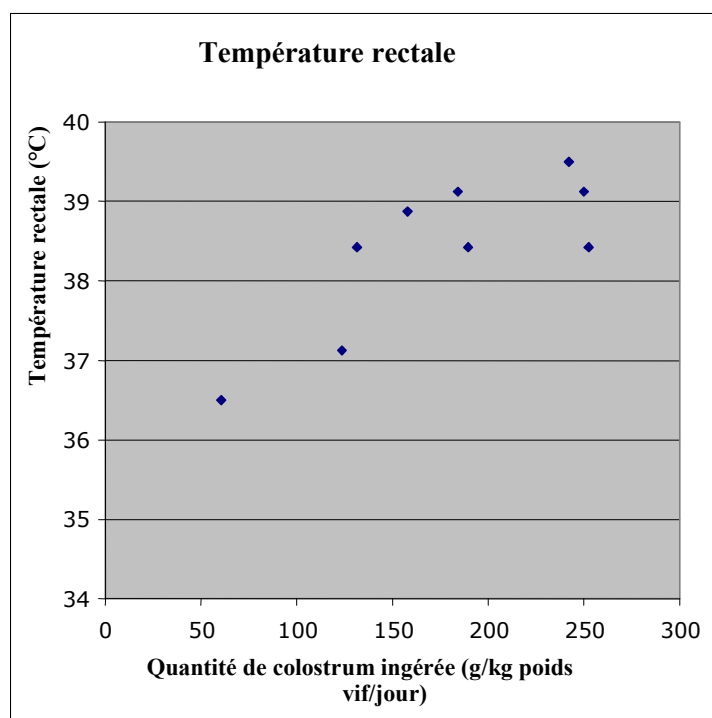
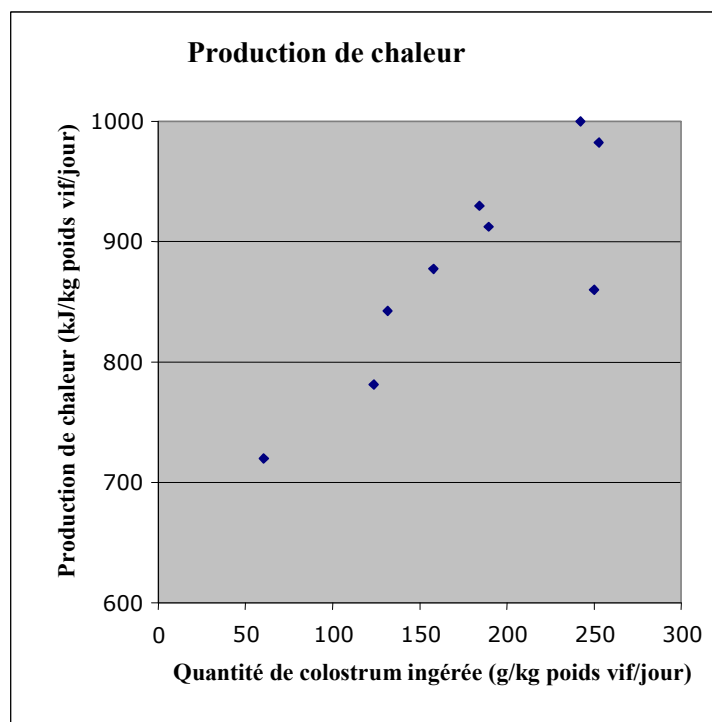
Face à ces besoins, le porcelet dispose de réserves corporelles accumulées au cours de sa vie fœtale. Toutefois (tableau 3 : Réserves énergétiques du porcelet, de l'agneau et de l'enfant à la naissance) (Mellor et Cockburn, 1986), ces réserves sont faibles et de nature essentiellement glucidique (glycogène). Exprimées par kg de poids corporel, elles sont environ 10 fois plus faibles que celles de l'enfant (Mellor et Cockburn, 1986) et ne lui procurent qu'une durée théorique de survie de 11 à 15 heures en conditions habituelles d'élevage, mettant ainsi l'accent sur l'importance d'une ingestion rapide et abondante de colostrum.

III.1. Quantité de colostrum consommé

Habituellement, la première tétée de colostrum a lieu 10 à 30 minutes après la naissance (de Passillé & Rushen, 1989) et on estime (Fraser & Rushen, 1992) que 25% de la totalité de la prise colostrale est consommée au cours des 3-4 premières tétées. En allaitement naturel, la quantité de colostrum consommé en 24 heures est de l'ordre de 300 g par porcelet (soit environ 210 g par kg de poids de naissance) (Devillers, 2004). En réalité, cette prise de colostrum est très variable (0 à plus de 600g) et dépend à la fois de l'aptitude de la truie à le produire et de celle du porcelet à accéder et à l'extraire de la mamelle. Comme chez la brebis (Pattinson *et al.*, 1995), la production colostrale de la truie en 24 heures est très variable, de 1900 à 5300g (Devillers, 2004). Elle est indépendante des caractéristiques de la portée (taille, poids moyen des porcelets) et les données concernant la parité, le poids et l'état corporel de la truie, sa génétique sont encore trop peu nombreuses pour pouvoir identifier le(s) facteur(s) de

Figure 5 : Production de chaleur et température rectale en relation avec la consommation de colostrum chez des porcelets gardés à 18 °C

(Noblet & Le Dividich, 1981)



variation (Devillers, 2004 ; Le Dividich *et al.*, 2004). Intra-portée, la prise colostrale est positivement liée au poids de naissance ($r = 0.57$ à 0.65). Elle est réduite de 30% chez les porcelets qui ont froid à la naissance (Le Dividich et Noblet, 1981) tandis que l'hypoxie de parturition retarde la première tétée et diminue la prise colostrale (Herpin *et al.*, 1996). Toutefois, elle est largement indépendante de l'ordre de naissance (Devillers, 2004).

III.2. Utilisation de l'énergie colostrale par le porcelet et rôle dans la thermorégulation

Le colostrum est remarquablement bien utilisé par le porcelet : il est digestible à 93-95% et le rendement de transformation de l'énergie métabolisable (EM) en énergie nette est de 90% (Le Dividich *et al.*, 1994). Comparativement, le lait est encore plus digestible (97-99%), mais l'EM est fixée avec un rendement plus faible (72-74%) (Marion & Le Dividich, 1999). Le glucose issu de la dégradation du glycogène hépatique et de la digestion du lactose colostrale est le principal substrat initialement utilisé par le porcelet. Toutefois, dès 24h d'âge, les lipides représentent 75% de l'énergie disponible et la décroissance graduelle du quotient respiratoire après naissance indique que les lipides contribuent rapidement au métabolisme énergétique des porcelets (Herpin *et al.*, In Press). En revanche, les protéines ne sont que marginalement oxydées même en conditions extrêmes de jeûne et (ou) de froid (Herpin *et al.*, 1992). L'importance du colostrum dans la thermorégulation (figure 5 : Production de chaleur et température rectale en relation avec la consommation de colostrum chez des porcelets gardés à 18°C) (Noblet & Le Dividich, 1981) est clairement illustrée par la relation positive et étroite qui existe entre la quantité de colostrum consommé, la température rectale et la production de chaleur des porcelets (Noblet et Le Dividich, 1981). Outre son importance dans le transfert de l'immunité passive, le colostrum a donc un rôle essentiel dans la thermogenèse néonatale et dans la survie du porcelet, illustrée par le fait que la plupart des porcelets qui n'ont pas tété dans les 2 heures qui suivent la naissance meurent (Bünger *et al.*, 1984).

IV. AUTRES ROLES DU COLOSTRUM

IV.1. Le colostrum et le développement de la fonction digestive

Parmi les autres rôles du colostrum, celui concernant le développement de la fonction digestive est sans doute l'un des plus remarquables. Widdowson *et al.* (1976) ont été les premiers à le mettre en évidence. En 24 heures, la masse de l'estomac s'accroît de 27%, celle de l'intestin grêle de 60 à 100% et celle du gros intestin de 33 à 42% (Widdowson *et al.*, 1976 ; Xu *et al.*, 1992, Le Dividich *et al.*, 1996) chez les porcelets nourris avec du colostrum et non avec du lait mature. Parallèlement, la structure de l'intestin grêle est profondément remaniée : la hauteur des villosités intestinales s'accroît, selon le site, de 33 à 90% en 24h et leur diamètre de 15 à 50% tandis que la profondeur des cryptes est augmentée de 20 à 30% (Xu *et al.*, 1992). Cette croissance de l'appareil digestif est due à la fois à une accumulation provisoire des immunoglobulines dans les entérocytes et à une synthèse protéique stimulée par les facteurs de croissance du colostrum, notamment IGF-1 (Burrin *et al.*, 1992). Ainsi, chez l'agneau consommant du colostrum, la synthèse protéique dans l'iléon mesurée par l'incorporation de phénylalanine marquée est de 33% plus élevée que chez ceux consommant du lait (Patureau-Mirand *et al.*, 1990). Toutefois, la part respective de l'accumulation des immunoglobulines et de la synthèse protéique restent à déterminer. De même on ignore si les facteurs de croissance agissent en synergie ou non. Quoiqu'il en soit, on peut en déduire qu'en stimulant la croissance du tube digestif, le colostrum le prépare à assurer son rôle dans la nutrition extra-utérine.

IV.2. Le colostrum, unique source de lipides pour le porcelet

Nous avons signalé, qu'à l'issue de quelques heures de vie, les lipides étaient la principale source d'énergie pour le porcelet. Leur stockage, essentiellement à la périphérie de l'animal, procure au porcelet une isolation thermique en même temps que des réserves qu'il utilisera lors d'épisodes de jeûne, au sevrage, par exemple. Or le colostrum est la seule source de lipides pour le nouveau-né. La lipogenèse *de novo* est, en effet, marginale sinon nulle chez le porcelet allaité en raison de l'absence de substrat (glucose) lipogénique (Gerfault *et al.*, 2000). Enfin, outre la fourniture directe d'énergie, les lipides sont indispensables à la

Figure 6 : Evolution des résultats de GTTT en Bretagne de 1990 à 2003

(EDE, Chambres d'Agriculture de Bretagne, ITP, 2004)

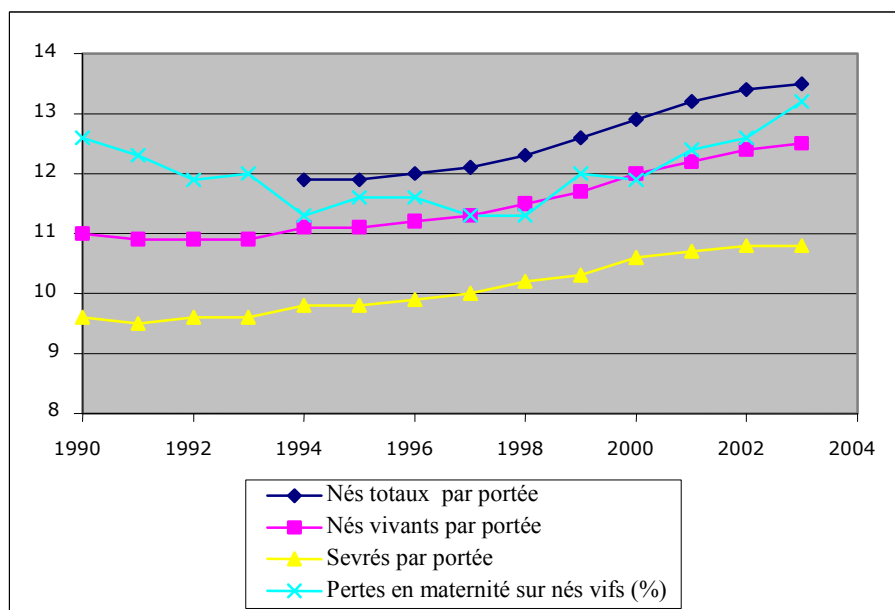
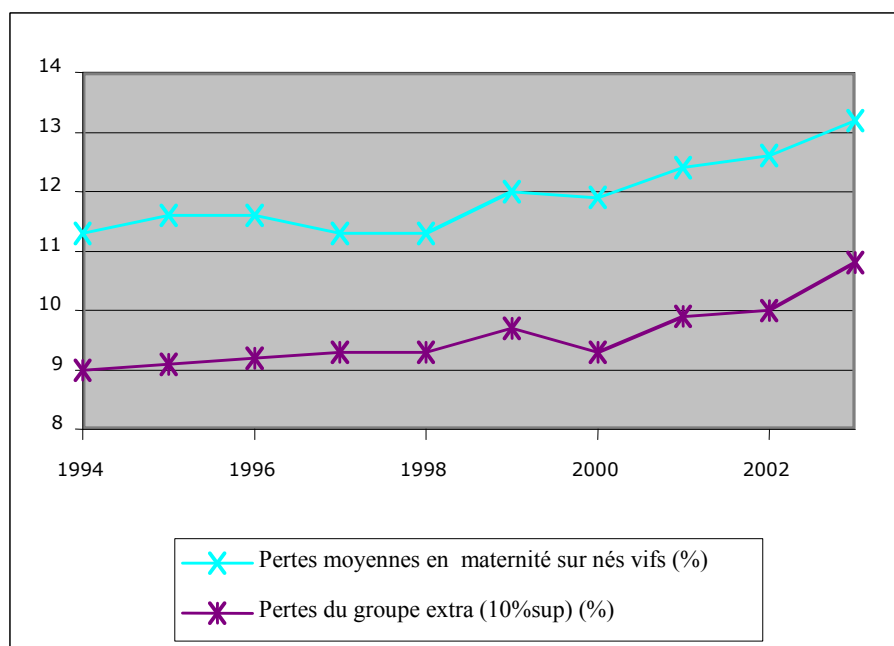


Figure 7 : Taux de perte sous la mère en Bretagne de 1994 à 2003

(EDE, Chambres d'Agriculture de Bretagne, ITP, 2004)



régulation de la glycémie. Leur β -oxydation hépatique fournit des cofacteurs (NADH, AcétylCoA, ATP) qui activent la voie de la néoglucogénèse (Pégorier *et al.*, 1985).

V. LE COLOSTRUM ET LA SURVIE DU PORCELET

Les pertes totales de porcelets en maternité ont fortement progressé au cours de ces dernières années : de 17-17,5 % au cours des années 80, elles atteignent aujourd'hui 20.5% (Porc Performances, 2004) (figure 6 : Evolution des résultats de GTTT en Bretagne de 1990 à 2003) (EDE, Chambres d'Agriculture de Bretagne, ITP, 2004). Cette progression est liée à la fois à l'augmentation du nombre de morts nés par portée, (de 0.5 - 0.6 dans les années 80 à 1 porcelet en 2004) et à celle des pertes sur nés vivants (12% dans les années 80, 13.8% en 2004). Cette mortalité post-natale est cependant très variable selon les élevages, de 12.1% pour les élevages de tête à 16.5% pour les élevages de queue (figure 7 : Taux de perte sous la mère en Bretagne de 1994 à 2003) (EDE, Chambres d'Agriculture de Bretagne, ITP, 2004). Écrasement par la truie, dépérissement, infections et anomalies du développement sont toujours les causes primaires de la mortalité du porcelet. Cependant, plusieurs liens sont établis avec la prise colostrale.

Selon Gardner *et al.* (1989), le facteur de risque principal est le poids de naissance. Une étude récente (Le Dividich *et al.*, données en cours de publication) montre clairement que si l'on répartit, intra portée, les porcelets sur la base du poids moyen de la portée et de son écart type (Tableau 4 : Caractéristiques des porcelets mourrant après la naissance), c'est la catégorie ayant un poids inférieur au poids moyen de la portée diminué d'un écart type, qui fournit le plus gros contingent de morts (50% de la mortalité totale). Ces porcelets légers sont peu compétitifs à la tétée et perdent du poids entre la naissance et 24h d'âge indiquant qu'ils ont consommé peu ou pas de colostrum. Ils meurent rapidement par sous-alimentation. Dans les autres catégories de poids, les porcelets qui meurent ne sont pas différents des survivants de leur catégorie quant à leur poids de naissance, mais leur gain de poids entre la naissance et 24h d'âge est, ou bien négatif ou plusieurs fois plus faible que celui des survivants de leur catégorie, suggérant également une consommation faible de colostrum. On peut supposer que ces porcelets sont par la suite moins vigoureux à la tétée et consomment

Tableau 4 : Caractéristiques des porcelets mourrant après la naissance(Le Dividich *et al.*, données en cours de publication)

	Catégorie de poids de naissance (i)			
	< [x - sd]	[x - sd, x]	[x, x + sd]	>[x + sd]
<i>Données globales</i>				
N	30	62	76	30
Poids de Naissance (PN), g	908 ± 253 a (ii)	1218 ± 240b	1558 ± 217 c	1764 ± 254 d
Croissance de 0 à 24 h, g/kg PN	-54 ± 119 a	48 ± 75 b	62 ± 65 b	67 ± 44 b
<i>Porcelets survivants après la naissance</i>				
N	10	52	65	30
PN, g	1096 ± 170 a A (iii)	1222 ± 246 ab	1567 ± 217 c	1764 ± 254 d
Croissance de 0 à 24 h, g/kg PN	68 ± 103 A	66 ± 67 A	69 ± 62 A	67 ± 44
<i>Porcelets décédant après la naissance</i>				
N	20	10	11	
BW, g	814 ± 237 aB	1198 ± 215b	1499 ± 222c	
Croissance de 0 à 24 h, g/kg PN	-115 ± 69 aB	-43 ± 48 bB	6 ± 51 cB	
Croissance de 0 h au décès, g/kg PN	-99 ± 64 (iiii)	117 ± 294	21 ± 215	
Age au décès, jours	1.5 ± 0.7a	4.3 ± 3.3 ab	6.9 ± 5.2 b	

i Seules les portées (15) où un porcelet est décédé sont incluses dans l'étude

ii Dans une même ligne, si les données n'ont pas de lettre ou la même lettre (a, ...), la différence n'est pas significative (P<0,05)

iii Dans une même colonne, si les données n'ont pas de lettre ou la même lettre (A,...), la différence entre les porcelets qui survivent et ceux qui décèdent n'est pas significative (P < 0.05)

iiii Données significativement différentes de zéro (Test de Student)

peu de lait ainsi que l'indique leur poids au moment de leur mort. Mais meurent-ils par sous alimentation ou par défaut de protection immunitaire ?

La plupart des porcelets privés de colostrum et donc de protection immunitaire ne survivent pas en élevage conventionnel (Varley *et al.*, 1987). Un déficit de prise colostrale, en induisant un moindre transfert d'immunité accentuerait une sensibilité accrue aux infections (Drew & Owens, 1988). Il a été montré, en effet, que les porcelets qui meurent à l'issue de plusieurs jours d'allaitement ont dès 24-48 heures d'âge, moins d'immunoglobulines G que les survivants (Hendrix *et al.*, 1978 ; Blecha et Kelley, 1981 ; Klobasa *et al.*, 1981, de Passillé *et al.*, 1988). Toutefois, la mortalité est indépendante de l'ordre de naissance alors que celui-ci affecte profondément l'acquisition de l'immunité passive (Yagushi *et al.*, 1980 ; de Passillé *et al.*, 1988 ; Klobasa *et al.*, 2004 ; Le Dividich *et al.*, 2004). En outre, les données récentes de Cariolet *et al.* (2004) indiquent que la mortalité post-natale des porcelets issus de truies EOPS est semblable à celle observée en élevage conventionnel suggérant que la pression pathogénique a peu d'influence sur la mortalité post-natale. À partir de ces données, il est tentant de supposer que l'acquisition d'une bonne immunité passive, quoique nécessaire, n'est pas déterminante pour la survie. Celle-ci dépendrait principalement de la quantité d'énergie colostrale consommée. Toutefois, les concentrations plasmatiques en IgG au sevrage et à l'issue de la phase colostrale sont positivement corrélées (Rooke *et al.*, 2003 ; Le Dividich *et al.*, 2004), indiquant que l'immunité humorale au sevrage dépend du niveau d'acquisition de l'immunité passive. Les travaux de Varley *et al.* (1986) et de Edwards et Rooke (1999) montrent que la santé et les performances des porcelets en post-sevrage sont liées à leur immunité humorale au sevrage. Bien que ces derniers résultats demandent à être confirmés, ils suggèrent l'intérêt et l'importance de l'acquisition d'une bonne immunité passive.

Il apparaît en définitive que les conditions de la survie du porcelet dépendent d'un équilibre entre l'aptitude de la truie à produire du colostrum et l'aptitude du porcelet à l'extraire de la mamelle. La qualité nutritionnelle de ce colostrum ainsi que sa qualité immunologique sont encore trop peu étudiées pour en tirer de véritables facteurs de variation.

C'est dans ce cadre que nous nous intéressons à la qualité immunologique du colostrum, à ses facteurs de variation, ainsi qu'à la possibilité de l'apprécier rapidement.

VI. ESTIMATION DE LA QUALITE IMMUNE DU COLOSTRUM

Nous avons défini en II.4. la notion d'*immunité « correcte » transmise au porcelet* en la restreignant sous les conditions exposées à la richesse du colostrum en immunoglobulines. Sachant que 80% des immunoglobulines au début de la mise bas sont des IgG, nous considérerons la proportion de ces dernières comme marqueur de la qualité immune du colostrum. Nous cherchons donc une méthode rapide d'estimation de la concentration en immunoglobulines G du colostrum de truie en début de mise bas.

VI.1. Méthodes directes

Les méthodes de dosage des immunoglobulines G les plus utilisées sont des méthodes directes :

- la méthode d'immunodiffusion radiale de Mancini,
- l'ELISA (enzyme linked immuno sorbent assay) en particulier l'ELISA « sandwich »,
- l'immunoélectrophorèse.

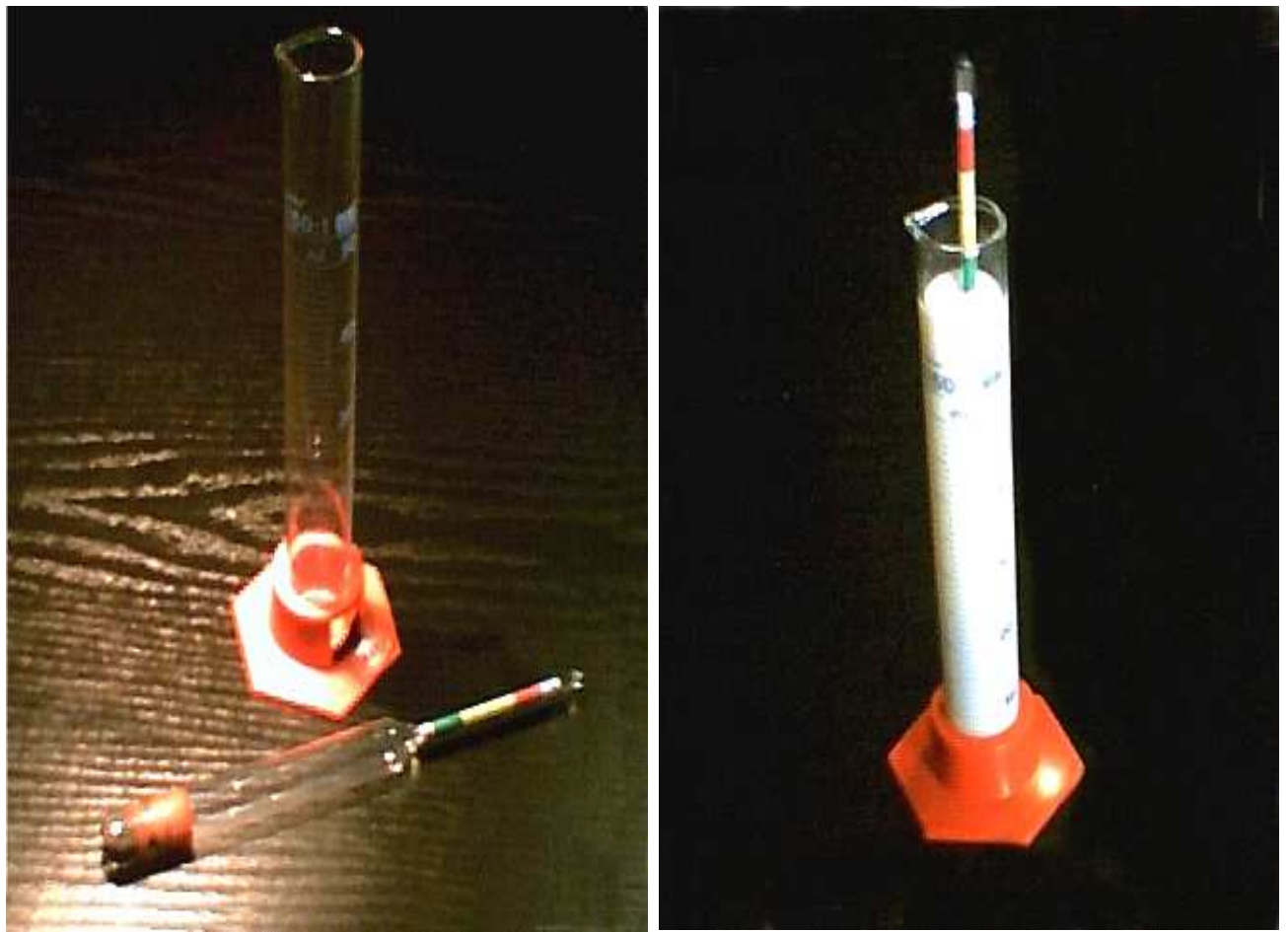
Basées sur la réaction anticorps-antigène, ces méthodes ont l'avantage d'être précises : les coefficients de variation intra- et inter-essais sont compris entre 9.3 et 10.2% pour la méthode d'immunodiffusion radiale de Mancini (selon Hendrix *et al.*, 1978), 4.3 et 5.6% pour l'ELISA (Thomas, F. Communication personnelle), et enfin 4 et 8% pour l'immunoélectrophorèse (Jacobsen *et al.*, 2002). Par contre ces techniques sont relativement lourdes et longues à mettre en œuvre. Nécessitant un laboratoire, elles ne peuvent pas être utilisées couramment en élevage.

VI.2. Méthodes indirectes

Les méthodes indirectes sont basées sur les mesures de réfraction et de densité :

- Le colotest, utilisé en filière équine est un réfractomètre dont l'indice de réfraction est corrélé avec la concentration en immunoglobuline G du colostrum,

Figure 8 : Pèse-colostrum bovin



- Le pèse-colostrum, utilisé en filières bovine, équine et caprine, est une tige plombée dont la hauteur de la ligne de flottaison est liée à la concentration en immunoglobulines G du colostrum (figure 8 : Pèse-colostrum bovin).

Ces outils sont peu encombrants et ne pèsent que 600 à 700g. Ils sont donc très mobiles et ont l'avantage d'être utilisables en élevage. Par contre, les méthodes sont nettement moins précises au regard des méthodes de laboratoire. Malgré tout, elles peuvent être considérées comme des marqueurs de la teneur en immunoglobuline G des colostrums équins et bovins. A l'aide d'un pèse-colostrum bovin, les mesures obtenues reflètent 51% des variations de la proportion d'IgG colostrales si la température du colostrum de la vache n'est pas prise en compte, et 64 à 78% lorsqu'on en tient compte (Mechor *et al.*, 1991 ; Mechor *et al.*, 1992). D'autres chercheurs affirment par contre que ce sont des marqueurs médiocres de la proportion d'IgG dans le colostrum, mais que la corrélation entre les mesures et les dosages de l'azote du colostrum est bonne (Coppe, communication personnelle). Enfin, selon le fabricant, le colostest reflète 74% de la variation de la teneur en immunoglobulines du colostrum équin (ALCYON. Référence 806 26 38).

Dans notre étude, nous avons utilisé ces deux types de mesures (pèse-colostrum, réfractomètre) que nous avons confronté avec des mesures de laboratoire (matière sèche, densité, protéines totales et IgG) pour estimer la qualité immune du colostrum de truie. Nous avons estimé certains facteurs de variation de la qualité immune du colostrum (bande, rang de portée, génétique, durée de la gestation et déclenchement de la mise bas).

B. ETUDE EXPERIMENTALE

I. MATERIELS ET METHODES

I.1. Cadre expérimental

L'étude a été conduite dans un site naissage de 2500 truies d'un élevage multi-site, ne présentant pas de problème connu en terme de qualité de vaccination ou de production colostrale. L'éleveur réalise une contamination des cochettes en quarantaine comme décrit §A.II.4. et conduit les vaccinations selon les bonnes pratiques définies par la fiche 1. L'élevage est sur caillebotis intégral, et utilise un aliment complet du commerce.

Ces caractéristiques ainsi que le rythme des différents événements n'ont pas été modifiés pendant la durée de l'expérimentation. Nous nous affranchissons ainsi de l'éventuelle variabilité de l'immunité colostrale en fonction de l'élevage, de son type, de sa localisation géographique, de la conduite de l'alimentation ainsi que de celle de la vaccination.

L'élevage utilise plusieurs génétiques, mâles ou femelles. Les 3 bandes incluses dans l'étude sont représentatives de l'élevage, tant du point de vue des lignées et voies représentées que des rangs de portée et des résultats de reproduction. Nous parlons de lignée au sens de race : Large-White femelle (lignée 1), Landrace (lignée 2), Meishan (lignée 3), Duroc blanc (lignée de Duroc sélectionnée pour sa couleur ; lignée 4), Hampshire (lignée 5), Piétrain (lignée 6), Duroc coloré (lignée 7) et Large-White mâle (lignée 8). Nous parlons de voie au sens de voie de sélection, femelle (voie 1) ou mâle (voie 2). Parmi les lignées présentées, chacune appartient à une voie. Nous explorons ainsi l'éventuelle variabilité de l'immunité colostrale en fonction de la génétique de la truie.

I.2. Critères d'inclusion

Les truies incluses dans l'étude sont celles sur lesquelles il a été possible de réaliser les prélèvements suivants :

- Prise de sang sur tube sec quatre semaines avant la date prévue de mise bas,
- Récolte de 30 à 50 mL de colostrum, récolté exclusivement des paires 1 et 2 des mamelles thoraciques. La récolte a commencé à l'arrivée du premier porcelet, et avant l'arrivée du troisième porcelet ou a duré au maximum 25 minutes si la quantité récoltée était insuffisante à l'arrivée de ce porcelet.

L'utilisation de prostaglandines ou d'analogues destinées à provoquer la mise bas était autorisée, et a été reportée sur la fiche d'enregistrement. L'utilisation d'ocytocine avant la récolte du colostrum a entraîné l'exclusion de la truie de l'échantillon si l'intervalle entre l'injection d'ocytocine et le début de la mise bas était inférieur à quarante-cinq minutes. Passé ce délai la truie était incluse dans l'étude et le délai noté sur la fiche d'enregistrement. Les traitements thérapeutiques autour de la mise bas ont été signalés sur la fiche d'enregistrement.

Nous explorons ainsi l'éventuel effet du déclenchement de la mise bas sur l'immunité colostrale. Ce protocole est permis par le temps de demi-vie bref de l'ocytocine, de l'ordre de deux à cinq minutes (Knaggs, 1967 ; Cort *et al.*, 1979).

Tableau 5 : Note de déclenchement en fonction du traitement appliqué

Note de Déclenchement	Traitement correspondant
0	Mise bas non déclenchée
1	Prostaglandines
2	Prostaglandines, Ocytocine et mise bas entre 45 minutes et 1 heure 30 après l'injection
3	Prostaglandines, Ocytocine et mise bas plus d'1 heure 30 après l'injection

84 couples sérum - colostrum ont été prélevés, soit 84 truies suivies, réparties sur trois bandes.

La prise de sang nous permet d'explorer l'hypothèse d'une corrélation entre le taux d'immunoglobulines G dans le sang de la truie avant mise bas et celui dans son colostrum. Récolter le colostrum dans les 25 minutes suivant la mise bas permet de s'affranchir de l'évolution de la composition colostrale après la mise bas et d'étudier certains facteurs de variation de sa qualité immune.

I.3. Critères d'exclusion des animaux

Les animaux présentant les caractéristiques suivantes ont été exclus de l'étude :

- Pathologie susceptible de modifier la réponse immunitaire (immuno-déprimante ou immuno-stimulante),
- Etat général laissant percevoir une difficulté pathologique de réponse positive à une thérapeutique quelconque,
- Les animaux qui, au cours de l'étude ont subi des événements susceptibles de modifier les résultats (traumatisme lourd, traitements antibiotiques non souhaités...) ont été exclus de l'essai de même que ceux dont l'identification n'était pas clairement définie.

I.4. Analyse et conditionnement des échantillons en élevage

Le prélèvement sanguin a été centrifugé dix minutes à 1000 tours/minute et le sérum en a été prélevé, identifié et congelé à -18°C.

Filtration du colostrum récolté.

Lecture de la densité à l'aide d'un pèse-colostrum bovin (figure 8).

Congélation du colostrum à -18°C dans 3 récipients identifiés par leur numéro d'ordre (2 tubes Eppendorf de 2 mL et 1 pot de prélèvement de 30 mL)

Nous nous sommes affranchis de la contrainte du temps entre le prélèvement et l'analyse en laboratoire, les immunoglobulines étant conservées par la congélation (Klobasa *et al.*, 2004).

I.5. Réalisation pratique

Les truies ont été identifiées par leur boucle auriculaire, et chaque prélèvement est enregistré par son numéro d'ordre. Les critères de suivis zootechniques (bande, rang de portée, date de mise bas, durée de gestation, taille de la portée), cliniques (déclenchement, pathologie) et physiques (température ambiante et température du colostrum lors de la mesure au pèse-colostrum, mesure au pèse-colostrum) ont été enregistrés. Afin d'assurer l'homogénéité du suivi, une seule personne s'est chargée d'attribuer les scores et de réaliser les prélèvements et les mesures.

Nous explorons ainsi l'hypothèse de l'influence du rang de portée, de la taille de la portée (nés totaux et nés vifs) sur l'immunité colostrale de la truie, ainsi que l'éventuel effet de la température sur la mesure au pèse-colostrum.

I.6. Analyse des échantillons en laboratoire

Les échantillons ont été transportés congelés et ont été analysés à l'Unité Mixte de Recherche Veau Porc de la station INRA à Saint-Gilles (35).

Les manipulations suivantes ont été réalisées sur le colostrum :

- ✓ Une double lecture du degré Brix par réfractométrie (réfractomètre main 0-32% Brix, Bioblock Scientific, ref. 94177) après dilution. Le degré Brix est l'unité de mesure de la concentration en saccharose d'un liquide. Il s'agit de l'unité sur laquelle sont étalonnés les réfractomètre à main.
- ✓ Une pesée de précision d'un volume de 0.5, 1, 5 ou 10 mL de colostrum suivant la quantité récoltée. Les valeurs présentées sont la moyenne de 4 pesées (balance de précision à 0,1 mg).
- ✓ Une mesure de la teneur en matière sèche par lyophilisation.
- ✓ Une mesure de la teneur en azote totale (fiche technique 5 : Dosage de l'azote par la méthode de DUMAS).
- ✓ Un dosage des immunoglobulines G par ELISA comme présenté §A.VI.

Les immunoglobulines G ont été dosées par ELISA dans les sérums selon la même technique.

Nous explorons ainsi les concordances croisées entre la qualité immune du colostrum et la densité lue au réfractomètre, celle lue en élevage au pèse-colostrum, la teneur en matière sèche du colostrum, et sa teneur en azote.

II. RESULTATS

L'échantillon étudié comprend 84 prélèvements. Les prélèvements n° 23, 29, 33, 61, 75, 77, 82 et 83 ont été exclus de l'analyse pour des fautes de manipulation en élevage. Les échantillons n°55 et 67 sont exclus de l'analyse car les truies concernées sont les seules représentantes de leur lignée génétique. L'étude porte donc sur 73 prélèvements de colostrum et de sérum.

II.1. Etude de la composition du colostrum en fonction des données et résultats zootechniques

II.1.1. Structure de l'échantillon

Les truies se répartissent en trois bandes comme présenté ci-dessous :

Tableau 6.1 : Répartition des truies selon le rang de portée et la bande

Bande	Rang 1	Rang 2	Rang 3	Rang 4	Rang 5	Rang 6	Totaux
1	9	13	6	3	0	1	32 (44%)
2	11	5	11	2	2	1	32 (44%)
3	1	2	3	1	2	0	9 (12%)
Totaux	21	20	20	6	4	2	73 (100%)

Tableau 6.2 : Répartition des truies selon le rang de portée et la bande (pourcentage)

Bande	Rang 1	Rang 2	Rang 3	Rang 4	Rang 5	Rang 6	Totaux
1	28	41	19	9	0	3	100
2	34	16	34	6,5	6,5	3	100
3	11,1	22,2	33,3	11,1	22,2	0	99,9
Echantillon	28,7	27,4	27,4	8,2	5,5	2,7	99,9

Le nombre de truies des bandes 1 et 2 est égal avec 32 truies, mais 3,7 fois plus important que celui de la bande 3 qui comprend 9 truies.

Les rangs de portée 1, 2, et 3 sont représentés de façon équivalente (28,7% et 27,4% de l'échantillon). Les truies de rang supérieur à 4 sont moins nombreuses (16,4% de l'échantillon).

Dans la bande 1 il y a une plus forte proportion de truies de rang 2 (41% de la bande) par rapport aux autres rangs de portée (28% de rang 1 et 31% de rang supérieur à 3).

Dans la bande 2 il y a une plus forte proportion de truies de rangs 1 et 3 (34% de la bande), par rapport aux truies de rang 2 (18,2% de la bande) et supérieur à 4 (16% de la bande). La bande 3 comprend une majorité de truies de rang supérieur à 3 (6 truies, soit 66,6% de la bande), 2 truies de rang 2 (22,2% de la bande), et 1 truie de rang 1 (11,1% de la bande).

La répartition selon la lignée, la voie et la bande est la suivante :

Tableau 7.1 : Répartition des truies selon la lignée, la voie et la bande

	Lignée 1	Lignée 2	Lignée 4	Lignée 6	Lignée 7	Lignée 8	
	Voie 1	Voie 1	Voie 2	Voie 2	Voie 2	Voie 2	Totaux
Bande 1	14	7	4	1	4	2	32
Bande 2	11	4	5	4	1	7	32
Bande 3	4	0	2	2	0	1	9
Totaux	29	11	11	7	5	10	73

Tableau 7.2 : Répartition des truies selon la lignée, la voie et la bande (pourcentage)

	Lignée 1	Lignée 2	Lignée 4	Lignée 6	Lignée 7	Lignée 8	
	Voie 1	Voie 1	Voie 2	Voie 2	Voie 2	Voie 2	Totaux
Bande 1	44	22	12,5	3	12,5	6	100
Bande 2	34	12,5	16	12,5	3	22	100
Bande 3	44,4	0	22,2	22,2	0	11,1	99,9
% échantillon	40	15	15	9,5	7	13,5	100

La lignée 1 est la lignée majoritaire de l'échantillon (40%). Les lignées 3 et 5 avec un seul prélèvement ont été exclues.

Les bandes 1 et 2 ne reflètent qu'imparfaitement les proportions des lignées dans l'échantillon. La bande 1 est surtout composée de truies de lignées 1 et 2, les lignées 6 et 8 sont sous-représentées par rapport à l'échantillon total. La bande 2 est composée d'une majorité relative de truies de lignée 1 et 8, les lignées 2 et 4 étant représentées de façon comparable à leur proportion dans l'échantillon total, les lignées 6 et 7 étant représentées avec un peu plus d'écart avec leur proportion dans l'échantillon total.

La voie femelle (voie 1) est plus représentée que la voie mâle (voie 2), avec respectivement 40 (55% de l'échantillon) et 33 prélèvements (45% de l'échantillon).

Tableau 10 : Caractéristiques du colostrum et zootechnie

	Matière sèche (%)			Protéines (%N*6,38)		IgG (g/l)			Densité (g/mL)			Indice de refraction (°Brix)			Indice du pèse colostrum (cm)			
	moy	éc-ty	N	moy	éc-ty	N	Moy	éc-ty	N	moy	éc-ty	N	moy	éc-ty	N	Moy	éc-ty	N
Général	26,60	3,26	58	17,86	3,06	73	78,44	24,41	73	1,05	0,02	58	41,80	5,20	58	5,23	0,67	50
Effet parité																		
1	28,90	3,34	16	18,06	3,25	21	70,06	26,30	21	1,05	0,03	16	42,26	5,91	16	5,07	0,66	14
2	26,18	2,48	16	18,63	3,38	20	84,88	24,75	20	1,06	0,01	16	42,38	4,36	16	5,33	0,67	15
3	25,57	2,16	17	17,30	2,23	20	82,88	21,55	20	1,05	0,04	17	41,29	5,51	17	5,30	0,61	12
4	25,36	2,31	4	17,48	2,61	6	71,08	22,39	6	1,05	0,02	4	39,00	5,20	4	4,80	0,62	4
5	22,96	1,46	3	16,01	1,02	4	99,83	29,93	4	1,05	0,01	3	39,00	3,00	3	5,03	0,76	3
6	28,40	2,44	2	20,09	2,11	2	74,54	0,73	2	1,06	0,00	2	47,25	3,18	2	6,33	0,18	2
Effet bande																		
1	27,06	2,97	26	17,80	2,74	32	86,15	21,87	32	1,06	0,02	26	42,17	4,63	26	5,25	0,70	24
2	25,99	3,83	25	17,86	3,51	32	69,22	23,55	32	1,05	0,03	25	41,48	6,31	25	5,33	0,69	20
3	27,06	1,63	7	17,74	2,68	9	83,80	27,38	9	1,06	0,02	7	41,57	2,24	7	4,80	0,34	6
Effet voie de sélection																		
Voie 1	26,63	3,03	31	18,46	3,72	40	86,65	23,30	40	1,06	0,02	31	42,87	4,91	31	5,41	0,65	28
Voie 2	26,56	3,58	27	17,06	3,31	33	68,48	22,19	33	1,05	0,02	27	40,61	5,34	27	5,00	0,65	22
Effet lignée génétique																		
Lignée 1	26,30	3,25	22	18,80	2,87	29	89,18	24,30	29	1,06	0,03	22	43,36	4,81	22	5,45	0,64	21
Lignée 2	27,34	2,49	10	17,55	2,11	11	80,00	19,93	11	1,05	0,02	10	41,67	5,24	10	5,29	0,71	8
Lignée 4	27,73	3,96	9	17,01	3,86	11	61,11	23,92	11	1,04	0,03	9	39,95	5,54	9	4,53	0,41	7
Lignée 6	26,59	3,71	7	16,37	3,73	7	58,44	16,73	7	1,05	0,02	7	41,14	7,13	7	5,40	0,81	5
Lignée 7	26,51	1,40	5	17,62	1,27	5	83,86	23,44	5	1,06	0,01	5	42,30	2,68	5	5,24	0,51	5
Lignée 8	24,26	3,94	6	17,36	3,43	10	75,91	18,61	10	1,05	0,01	6	39,60	5,04	6	5,04	0,61	5
Effet durée de gestation																		
113	26,91	2,75	8	19,44	3,70	10	85,36	17,97	10	1,07	0,03	8	43,07	3,64	8	5,47	0,64	5
114	26,53	2,20	14	17,14	1,86	17	75,16	27,90	17	1,05	0,02	14	42,11	3,40	14	5,24	0,63	11
115	26,72	3,70	33	17,81	2,89	43	78,79	24,36	43	1,05	0,02	33	41,91	5,68	33	5,21	0,71	32
116	24,65	3,84	3	16,76	7,19	3	68,90	28,96	3	1,04	0,01	3	36,00	7,94	3	4,80	0,71	2
Effet nés totaux																		
5 à 10	26,59	3,16	21	17,09	2,90	23	74,78	23,34	23	1,05	0,02	21	41,14	5,72	21	5,06	0,70	19
11 à 13	26,34	3,88	21	17,68	3,14	27	73,67	22,03	27	1,05	0,02	21	40,93	5,39	21	5,20	0,69	23
14 à 21	26,95	2,58	15	18,81	2,98	23	87,68	26,47	23	1,06	0,03	15	43,68	3,93	15	5,53	0,54	11
Effet nés vivants																		
5 à 9	26,18	3,71	19	16,24	3,13	21	73,11	24,48	21	1,04	0,02	19	39,24	5,60	19	4,88	0,56	16
10 à 12	26,93	3,03	20	18,77	3,30	25	78,43	21,99	25	1,06	0,02	20	42,71	4,73	20	5,46	0,71	19
13 à 18	26,68	3,13	21	18,23	2,24	27	82,59	26,49	27	1,06	0,03	21	43,29	4,56	21	5,32	0,63	16
Effet Déclenchement																		
0	27,74	2,52	4	19,05	4,66	6	73,47	25,07	6	1,05	0,03	4	41,63	3,54	4	5,10	0,71	2
1	27,00	3,38	20	17,95	2,89	25	86,74	25,52	25	1,06	0,03	20	42,98	5,45	20	5,55	0,69	7
2	25,80	3,87	13	18,20	2,97	14	81,46	15,08	14	1,05	0,02	13	42,23	6,00	13	5,28	0,71	13
3	26,49	2,93	21	17,27	2,90	27	70,58	25,42	28	1,05	0,02	21	40,50	4,72	22	4,90	0,51	18

Les bandes 2 et 3 reflètent imparfaitement ces proportions, avec pour la bande 2 : 46,4% de truies de voie 1 et 53,5% de truies de voie 2, et pour la bande 3 : 44,4% de truies de voie 1 et 55,5% de truies de voie 2.

La bande 1 est encore moins représentative des proportions de l'échantillon, avec 66% de truies de voie 1 et 34% de truies de voie 2.

II.1.2. Immunité des truies quatre semaines avant mise bas et immunité colostrale

La concentration sérique des truies en immunoglobulines G quatre semaines avant mise bas est relativement homogène. La qualité immune du colostrum est hétérogène, variant entre 32,5 g/L et 140,0 g/L.

Tableau 8 : Comparaison IgG sériques quatre semaines avant mise bas et IgG colostrales à la mise bas

	Moyenne (g/L)	Ecart type	Coefficient de corrélation	p
IgG sériques 4 semaines avant mise bas	9,7	1,3	0,35 (n=73)	< 0,01
IgG colostrales à la mise bas	78,4	24,4		

(n=nombre de couples de données)

L'immunité de la mère 4 semaines avant mise bas et l'immunité du colostrum sont corrélées, la première expliquant 12% de la seconde ($p < 0,01$).

II.1.3. Caractéristiques du colostrum et zootechnie

Les 73 échantillons de colostrum récoltés au moment de la mise-bas présentent les caractéristiques suivantes (tous les prélèvements n'ont pu être utilisés pour l'ensemble des mesures, ce qui explique la variation du nombre de données n) :

Tableau 9 : Caractéristiques du colostrum récolté

	Moyenne	Ecart type	n
IgG (g/L)	78,4	24,4	73
Matière sèche (%)	26,6	3,3	58
Protéines (6,38*N*g/100g)	17,9	3,1	73
Densité (g/mL)	1,05	0,02	58
Indice de réfraction (°Brix)	41,8	5,2	58
Indice du pèse-colostrum (cm)	5,2	0,7	50

Figure 9 : Teneur en matière sèche du colostrum et rang de portée

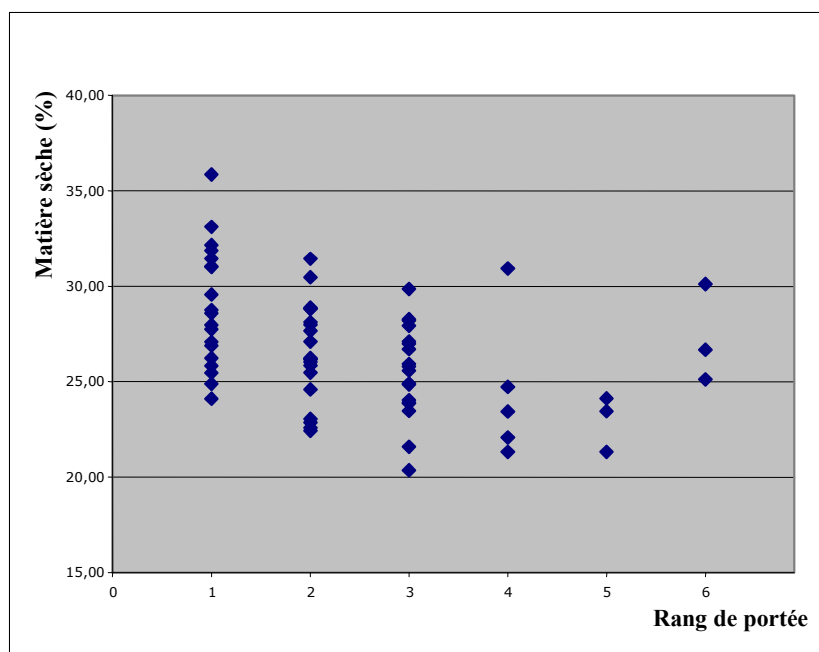
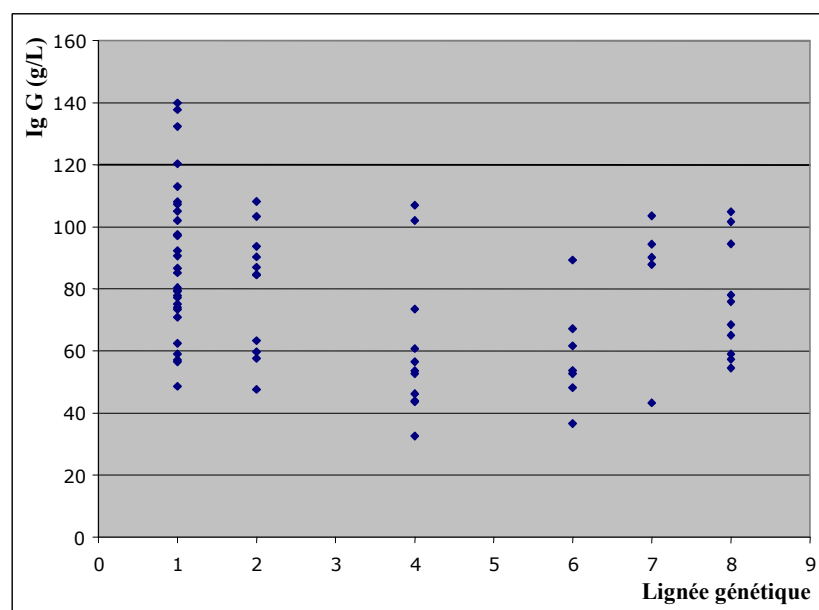


Figure 10 : Qualité immune du colostrum et lignée génétique



Les variations de ces caractéristiques en fonction du rang de portée, de la bande, de la voie et de la lignée génétique, de la durée de gestation, des caractéristiques de la portée à la naissance, et du déclenchement éventuel de la mise bas sont présentées au tableau 10 : caractéristiques du colostrum et zootechnie.

Les observations ont été réalisées de manière indépendante ; il est admis que la distribution des variables quantitatives est normale au sein de chaque catégorie ; pour les analyses de variance, le test de Fisher a permis de conclure à l'égalité des variances des variables quantitatives dans chaque catégorie avec un risque de 5% ; l'égalité des variances des variables quantitatives dans chaque catégorie de voie de sélection est admise.

L'étude statistique (analyse de variance pour l'ensemble des facteurs sauf la voie de sélection testée avec un test de student) fait ressortir les résultats suivants illustrés par les figures 9 à 12 :

Tableau 11 : Facteurs explicatifs de la variation de la composition du colostrum

Caractéristique du colostrum	Paramètre explicatif de variation	p
Matière Sèche (%)	Rang de portée	<0,01
Ig G (g/L)	Bande	<0,02
	Lignée génétique	<0,01
	Voie de sélection	<0,01

Afin d'affiner ces résultats, un test de student pratiqué sur chaque variable en comparant les catégories une à une souligne les résultats suivants :

Tableau 12 : Analyse des facteurs de variation de la composition du colostrum

Caractéristique du colostrum	Paramètre explicatif de variation	p
Matière sèche (%)	Rang 1 vs Rang 2	<0,02
	Rang 1 vs Rang 3	<0,01
	Rang 1 vs Rang 4 et plus	<0,02
	Rang 1 vs Rang 5	<0,01
	Rang 2 vs Rang 5	<0,04
Ig G (g/L)	Lignée 1 vs Lignée 4	<0,01
	Lignée 1 vs Lignée 6	<0,01
	Lignée 2 vs Lignée 6	<0,03
	Bande 1 vs Bande 2	<0,01

La catégorie 'rang 4 et plus' rassemble les rangs de portée 4, 5, et 6.

La teneur en matière sèche du colostrum est significativement plus élevée chez les primipares que chez les truies de rang 3 d'une part, 4, 5 et 6 d'autre part, ainsi que chez les truies de rang 5. Elle est également significativement plus importante chez les truies de rang 2

Figure 11 : Qualité immune du colostrum et voie de sélection

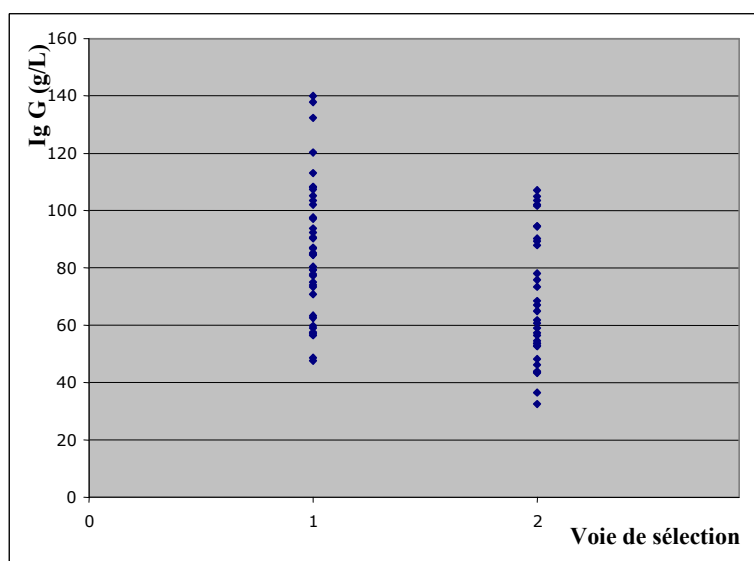


Figure 12 : Qualité immune du colostrum et bande

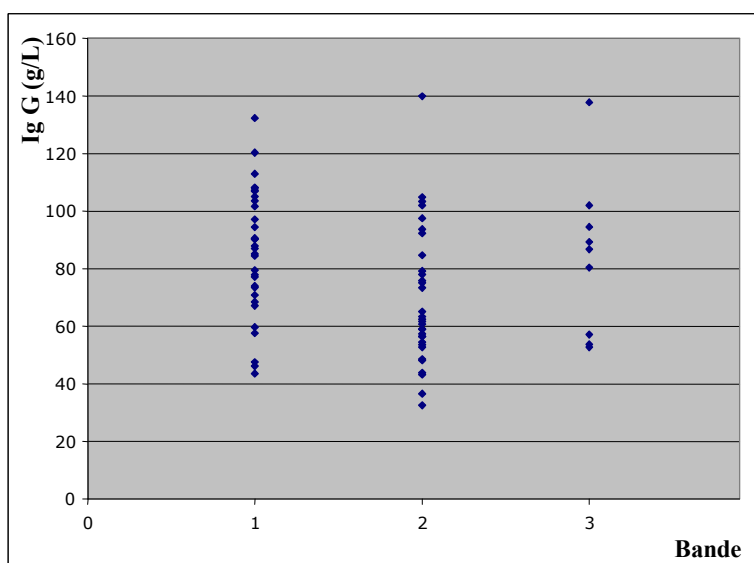
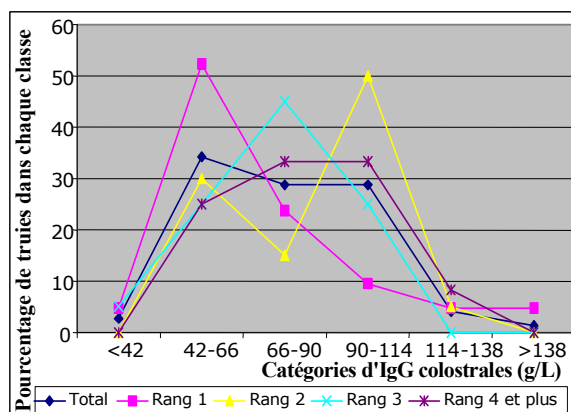
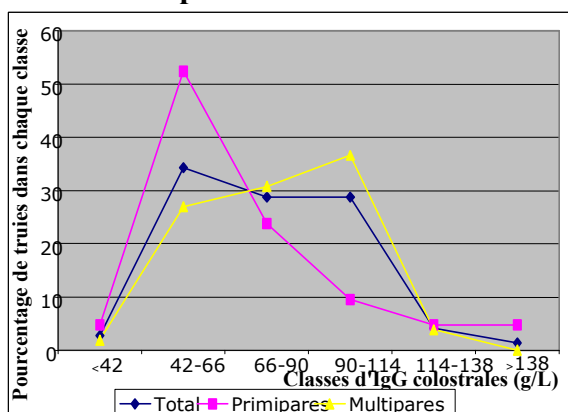


Figure 13 : Répartition des données Immunoglobulines Colostrales des primipares et des multipares



comparées à celles de rang 5. La teneur en matière sèche du colostrum diminue donc progressivement avec le rang de portée. Cette diminution n'est pas le seul fait des primipares.

La variation de la qualité immune du colostrum avec la lignée génétique permet de conclure que les Large-White lignée femelle ont un colostrum plus riche en immunoglobulines G que les Duroc blanc et les Piétrain. De même, les Landrace ont un colostrum plus riche en immunoglobulines G que les Piétrain. La différence de la lignée Large-White lignée femelle avec les autres lignées est à pondérer au vu de la différence du nombre de prélèvements dans chaque catégorie (tableau 10).

L'influence de la bande observée sur la qualité immune du colostrum s'explique par la répartition non équivalente des lignées génétiques au sein des bandes, ce qui biaise cet effet.

De même la répartition non équivalente des lignées génétiques entre les rangs de portée donne l'impression que les primipares ont un colostrum de moins bonne qualité immune que les multipares dans cette étude (figure 13 : répartition des données IgG colostrales des primipares et des multipares). Ceci s'explique par le fait que les primipares comprennent un tiers de Duroc blanc. La courbe en deux pics que l'on trouve pour les multipares s'explique par les truies de rang deux qui comprennent 25% de truies Duroc blanc et Piétrain et 45% de truies Large-White lignée femelle. Ces observations sont en accord avec le résultat statistique observé : il n'y a pas d'effet significatif du rang de portée sur la qualité immune du colostrum dans notre échantillon.

Aucun autre facteur de variation de la composition du colostrum n'a été mis en évidence (durée de gestation, taille de portée : nés totaux et nés vivants, déclenchement de la mise bas avec exclusion des truies mettant bas dans les quarante-cinq minutes suivant une injection d'ocytocine).

Figure 14 : Pèse-colostrum et qualité immune du colostrum

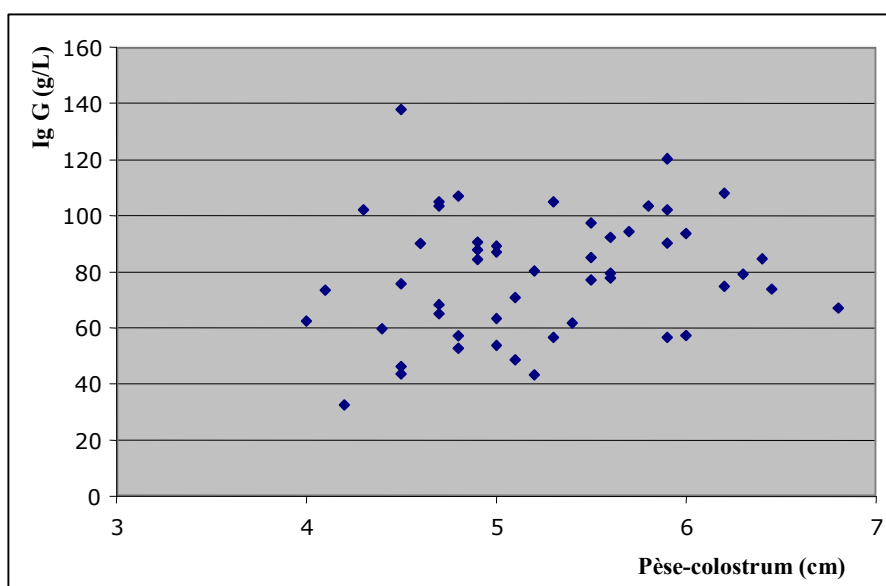
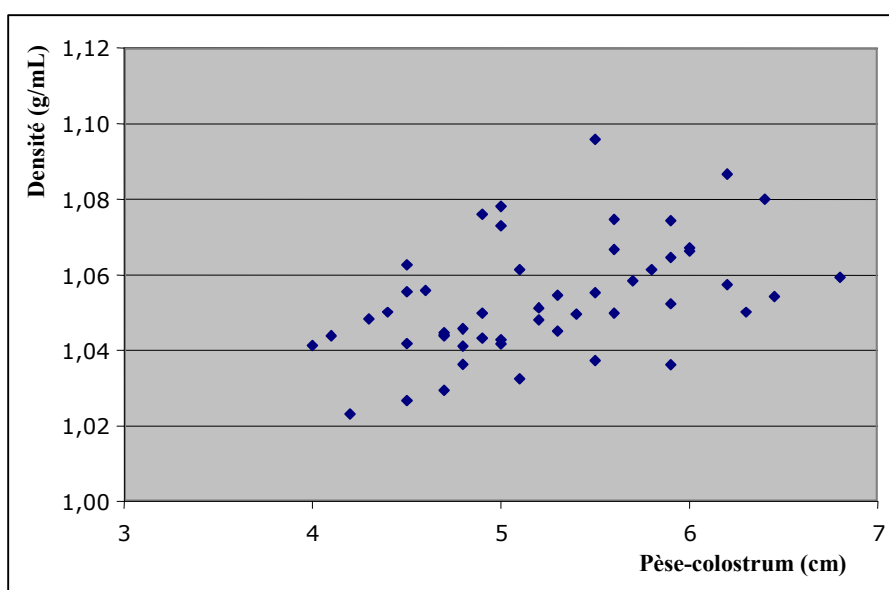


Figure 15 : Pèse-colostrum et densité du colostrum



II.2. Relation entre les différentes caractéristiques du colostrum

L'étude de la corrélation entre les différentes caractéristiques physiques et chimiques du colostrum donne les résultats suivants :

Tableau 13 : Corrélation entre les caractéristiques physiques et chimiques du colostrum

Caractéristiques étudiées	n	Coefficient de corrélation	Rapport de variation (Co ²)	P
Densité - Ig G	58	0,23		NS
Protéines - Ig G	73	0,29	8%	< 0,05
Protéines - Matière sèche	58	0,42	17%	< 0,01
Densité - Matière sèche	58	0,23		NS
Densité - Protéines	58	0,48	23%	< 0,01
Ig G - Matière sèche	58	-0,12		NS

Les concentrations en immunoglobulines G et en protéines du colostrum étudié sont corrélées. La première explique 8% des variations de la seconde.

De même, la concentration en protéines du colostrum explique 17% de sa teneur en matière sèche. Elle explique également 23% des variations de densité du colostrum.

Les autres corrélations étudiées ne sont pas significatives.

II.3. Les outils étudiés sont-ils de bons marqueurs de la composition colostrale ?

Les outils étudiés ont été utilisés sur les prélèvements de colostrum. Ils ont donné les résultats présentés ci-dessous et au tableau 10.

Tableau 14 : Résultat des mesures au pèse-colostrum et au réfractomètre

	Moyenne	Ecart type	N
Indice du pèse-colostrum (cm)	5,2	0,7	50
Indice de réfraction (°Brix)	41,8	5,2	58

Figure 16 : Pèse-colostrum et teneur en matière sèche du colostrum

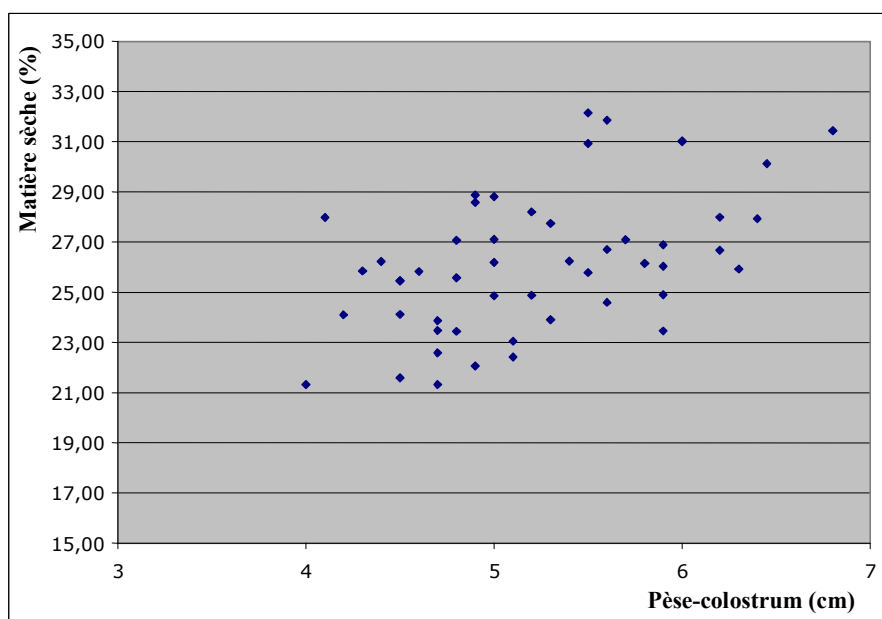
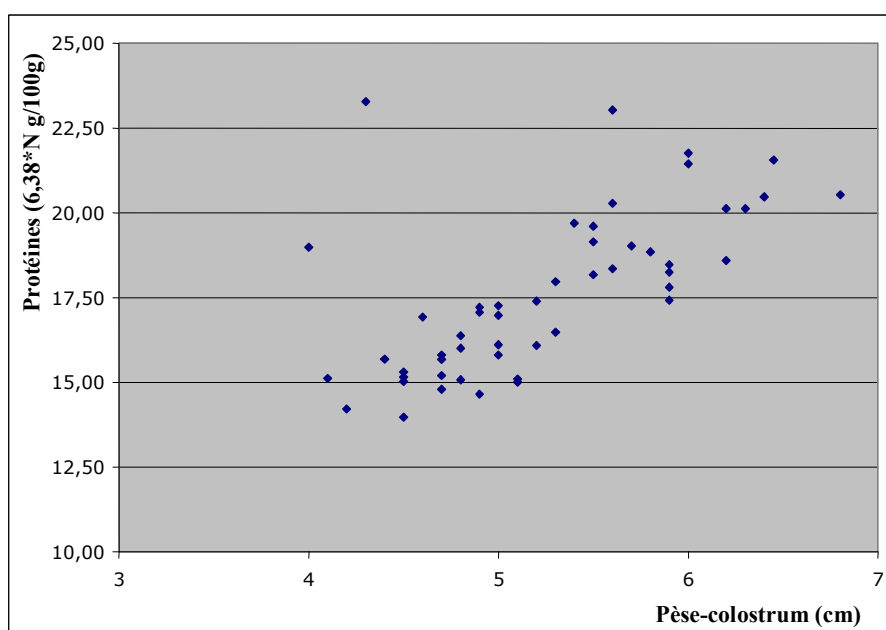


Figure 17 : Pèse-colostrum et concentration protéique du colostrum



L'étude de la corrélation entre ces mesures et les caractéristiques du colostrum donne les résultats suivants illustrés par les figures 14 à 23 :

Tableau 15 : Corrélation entre les mesures au pèse-colostrum, au réfractomètre et la composition du colostrum

Mesures comparées		Coefficient de corrélation	Rapport de variation (Co ²)	p
Pèse-colostrum	Ig G	0,18		NS
	Densité	0,48	23%	<0,01
	Matière sèche	0,51	26%	<0,01
	Protéines	0,64	42%	<0,01
	θ° Colostrale	-0,36	13%	<0,01
Réfractomètre	Ig G	0,18		NS
	Densité	0,48	23%	<0,01
	Matière sèche	0,58	33%	<0,01
	Protéines	0,77	59%	<0,01
Pèse-colostrum	Réfractomètre	0,71	50%	< 0,01

'θ° Colostrale' est la température du colostrum au moment de la mesure au pèse-colostrum

Il n'y a pas de corrélation entre la mesure au pèse-colostrum ou au réfractomètre et la concentration en immunoglobulines G du colostrum.

La mesure au pèse-colostrum est fonction de la température du colostrum qui explique 13% de la variabilité de la mesure. Cet outil est un marqueur médiocre de la teneur en matière sèche du colostrum dont il n'explique que 26% des variations. Il n'est qu'un marqueur moyen de la concentration du colostrum en protéines, expliquant 42% des variations observées.

De la même manière, le réfractomètre est un marqueur médiocre de la teneur en matière sèche (33% d'explication de la mesure), et n'est qu'un marqueur moyen à bon de la concentration du colostrum en protéines (explication de 59% de la mesure).

Figure 18 : Pèse-colostrum et température du colostrum

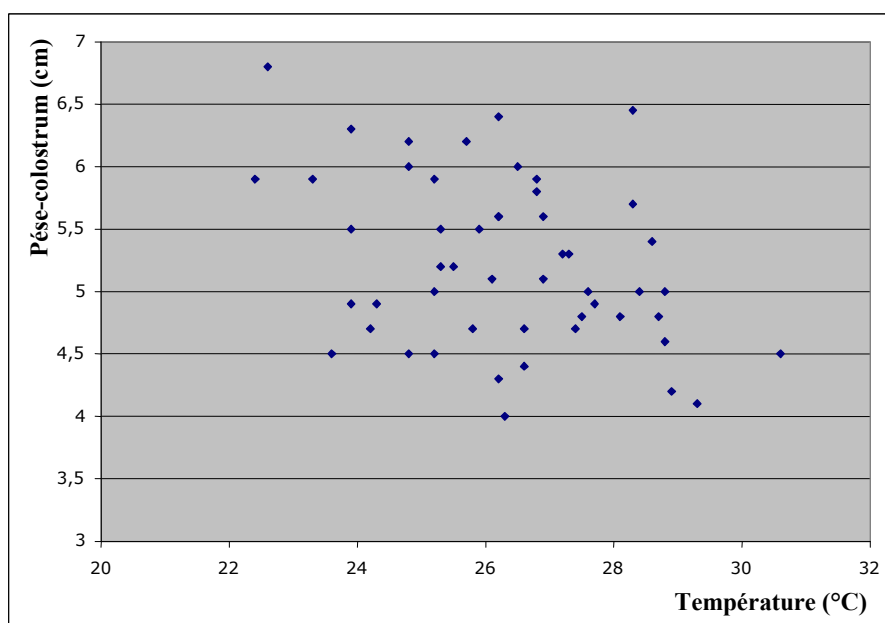


Figure 19 : Réfractomètre et qualité immune du colostrum

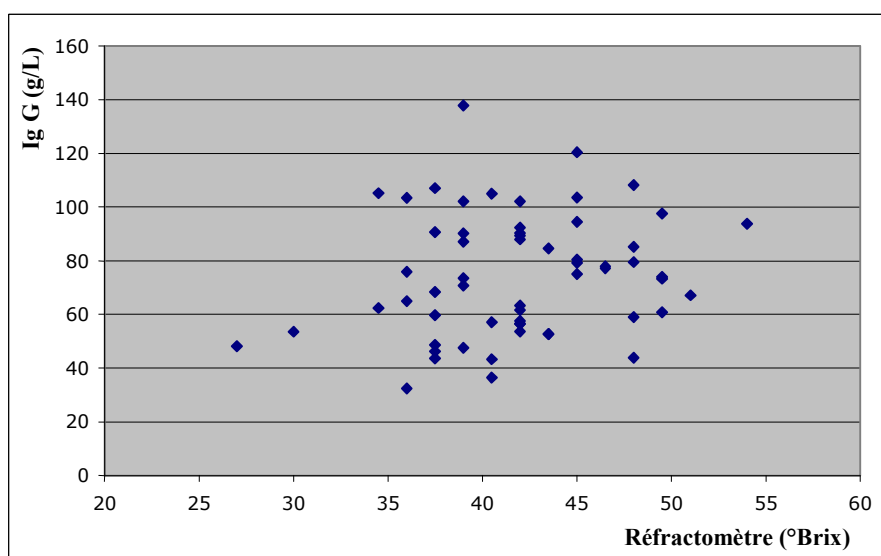


Figure 20 : Réfractomètre et densité du colostrum

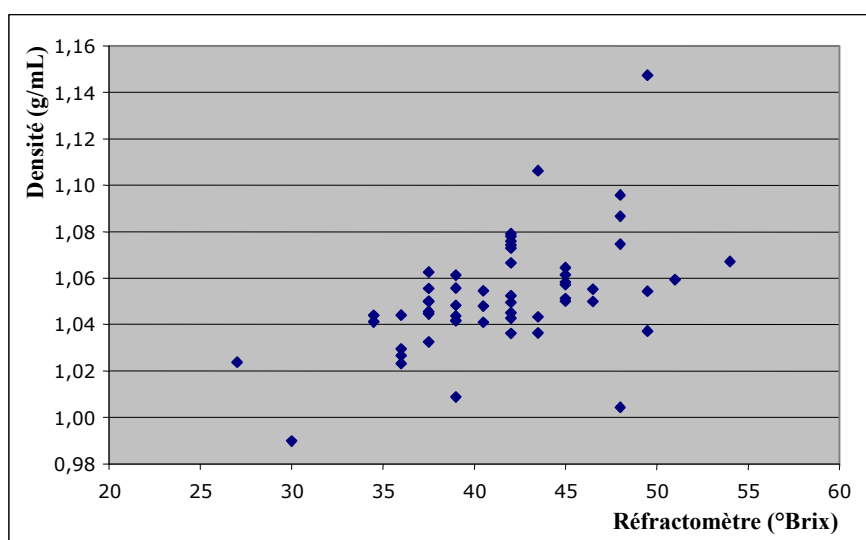


Figure 21 : Réfractomètre et teneur en matière sèche du colostrum

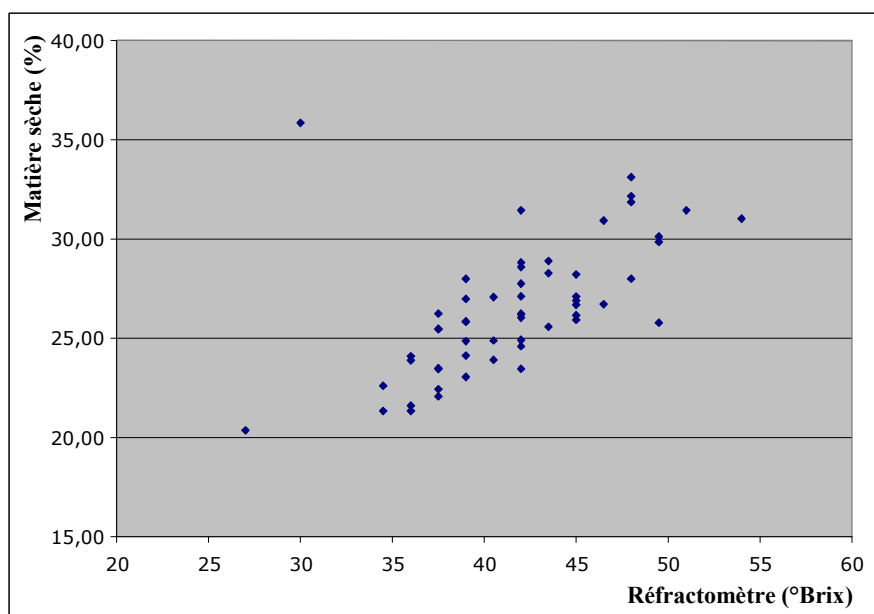


Figure 22 : Réfractomètre et concentration protéique du colostrum

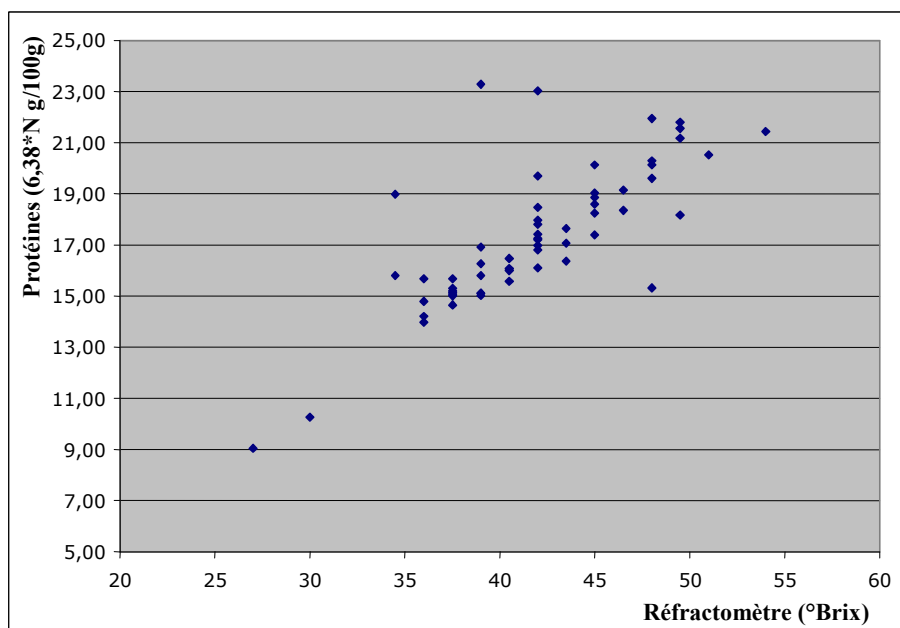
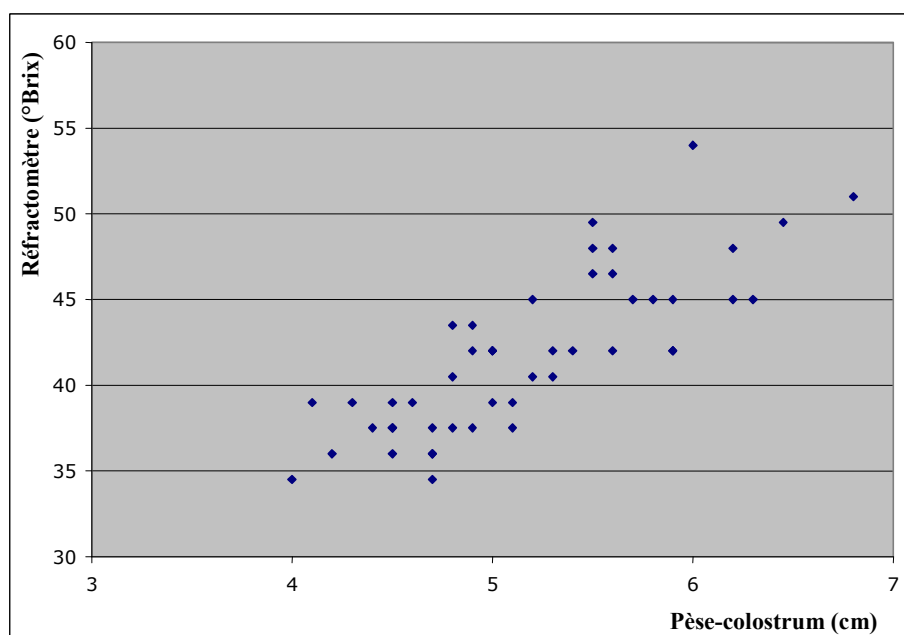


Figure 23 : Corrélation des mesures au réfractomètre et au pèse-colostrum



III. DISCUSSION

III.1. Limites de l'étude

Notre étude s'est limitée à une seule prise de colostrum. Les concentrations d'immunoglobulines G des truies ainsi que l'évolution de ces concentrations dans le temps étant très variable d'un individu à un autre, la question de la signification de cet échantillon unique par truie se pose. Ainsi un seul prélèvement de colostrum n'est pas forcément représentatif de la qualité immune du colostrum total d'une truie.

Une seconde limite qui apparaît est la définition de l'immunité colostrale telle que nous l'avons donnée. Rappelons que l'immunité colostrale a été réduite sous les conditions expliquées §A.II.4 à une concentration en immunoglobulines G. Les immunoglobulines A et M, mais aussi les cellules immunitaires ont ainsi été écartées. Même si les IgG sont les immunoglobulines majoritaires et les plus étudiées, peut-être est-il trop restrictif de se limiter à cette seule concentration. En d'autres termes les IgA et M mériteraient d'être incluses dans une telle étude.

III.2. Composition du colostrum au moment de la mise bas et facteurs de variation

Dans le cadre de cet élevage sans souci de pathologie, la composition du colostrum correspond à celle rapportée par la littérature (Klobasa *et al.* 1987, Bland & Rooke, 1998), en étant même légèrement supérieure pour sa teneur en matière sèche et en protéines. Soulignons ici la population relativement jeune de l'échantillon étudié dont cette étude prouve l'influence sur la teneur en matière sèche du colostrum. Klobasa utilise le chauffage pour la détermination de la teneur en matière sèche lorsque nous avons utilisé la lyophilisation. De même, Klobasa utilise l'immunodiffusion radiale de Mancini pour le dosage des immunoglobulines G et nous l'ELISA, comme Bland et Rooke.

Plus particulièrement, la très forte variabilité inter truie de la concentration en immunoglobulines G du colostrum est confirmée. Elle était attendue, étant soulignée dans toutes les études sur le sujet. Elle est également étonnante du fait de la relative homogénéité de la concentration sérique des truies en immunoglobulines G quatre semaines avant mise bas. Si le colostrum et plus particulièrement les immunoglobulines peuvent être considérés comme un transsudat, il serait intéressant d'évaluer la concentration sanguine des truies en IgG et

surtout sa variabilité inter truie au moment de la parturition. C'est peut-être la notion d'homéorhèse, c'est à dire les changements physiologiques de la truie, qui permet d'expliquer qu'il y ait variation à la mise bas alors qu'il y a homogénéité 4 semaines avant mise bas. L'homéostasie se définit pour un même état physiologique, or la parturition et la phase colostrale ont lieu pendant une transition majeure qu'est le passage du stade physiologique de la gestation à celui de la lactation ; ainsi la mise bas s'inscrit dans cette transition mais pas toujours au même instant. Une autre hypothèse possible est celle d'un équilibre instable dont la dynamique dépend de la différence entre le point haut et le point bas. A ce titre, la variation temporelle de la composition du sérum de la truie en fin de la période de gestation mérite d'être documentée.

Cette étude ayant été conduite dans un élevage ne connaissant pas de problème d'ordre sanitaire particulier, il est logique que les truies aient un état immunitaire homogène. Ceci pose la question de l'homogénéité du statut sanitaire au sein des troupeaux qui connaissent des fluctuations d'expression de pathogènes, en particulier lorsque les jeunes truies reproductrices sont introduites sans quarantaine, ou lorsque les bâtiments de post-sevrage et d'engraissement sont proches du bâtiment des truies gestantes et des maternités, ces deux cas étant relativement fréquents en Bretagne.

La mise en évidence de la relation entre les taux d'immunoglobulines G sériques 4 semaines avant la mise bas et les taux d'immunoglobulines G colostrales à la mise bas est un point nouveau et original. L'immunité moyenne 4 semaines avant mise bas est relativement homogène ($\delta/m = 0,13$). L'immunité colostrale à la mise bas est hétérogène entre les truies ($\delta/m = 0,31$). La corrélation n'est pas très forte : l'immunité 4 semaines avant mise bas n'explique que 12% de l'immunité colostrale. On ne peut donc pas extrapoler une immunité colostrale à partir d'une immunité humorale 4 semaines avant mise bas. Toutefois la corrélation est un argument de plus qui confirme la qualité à la fois de transsudat et de sécrétion du colostrum. Enfin, ce constat pose lui aussi la question de l'homogénéité du statut sanitaire au sein des troupeaux qui connaissent des fluctuations d'expression de pathogènes : l'immunité colostrale est-elle encore plus hétérogène que dans notre étude ?

Un facteur de variation de la composition du colostrum mis en évidence par cette étude est la diminution de la teneur en matière sèche avec le rang de portée. Il aurait été intéressant d'étudier la composition lipidique et glucidique du colostrum afin de savoir si ce sont ces caractéristiques qui expliquent ce phénomène. Notre étude permet de conclure que ce n'est pas la teneur en protéines qui varie. Toutefois ce constat mérite d'être mis en avant, de nombreux cliniciens affirmant souvent que le colostrum des truies primipares est différent de celui des truies multipares. Cette affirmation est erronée pour la teneur en IgG du colostrum ainsi que pour la teneur en protéines, et vraie pour la teneur en matière sèche dans le cadre de notre étude. Une hypothèse explicative est le vieillissement des tissus de soutien mammaires avec le nombre de lactations, conduisant à une plus grande perméabilité de la structure mammaire vis-à-vis des molécules d'eau.

Les facteurs de variation de la qualité immune du colostrum mis en évidence sont la bande, la lignée génétique et la voie de sélection. L'effet de la bande peut s'expliquer par la répartition non équivalente des lignées et voies au sein de chaque bande. L'effet génétique observé permet de conclure que la lignée Large-White lignée femelle a un colostrum de meilleure qualité immune que les lignées Duroc blanc et Piétrain, et que la lignée Landrace a un colostrum de meilleure qualité immune que la lignée Piétrain. Enfin les truies qui ont été sélectionnées pour l'hyperprolificité (voie femelle) ont un colostrum de meilleure qualité immune que les autres (voie mâle). Il n'y a pas de différence significative entre les truies Landrace et les truies Duroc Blanc peut-être parce que la sélection sur la prolificité des truies Landrace n'atteint pas le niveau des Large-White hyperprolifiques, ce qui reste à confirmer. Aucune différence n'apparaît entre la lignée Duroc coloré et les autres lignées. Il n'apparaît pas de différence entre la lignée Large-White lignée mâle et les autres lignées sans doute du fait de la conservation de qualités maternelles dans cette lignée afin de ne pas diminuer les qualités d'hyperprolificité des produits issus de croisements entre les deux lignées Large-White ou entre les Large-White lignée mâle et les Landrace.

Ceci nous conduit à la question de la sélection directe sur la prolificité. La sélection sur la taille de la portée (porcelets nés totaux avant 2001, nés vivants après 2001) a permis une sélection indirecte sur le nombre de tétines et l'aptitude laitière de la truie (Etienne *et al.*, 2000), ce qui se traduit peut-être également par l'amélioration de la qualité immune du colostrum.

Pour ce qui est de la qualité immune du colostrum au moment de la parturition, notre étude permet de conclure à :

- Un effet individuel de la truie en accord avec les données de la bibliographie (Bland & Rooke 1998, Bland *et al.* 1999, Devillers 2004),
- L'absence d'effet de la parité de la truie en accord avec certains auteurs (Takeshi Inoue 1980, Klobasa 1987, Devillers 2004) et en désaccord avec d'autres (Prieto *et al.* 1998),
- L'absence d'effet de la taille de portée en accord avec Klobasa (1987) et en désaccord avec Prieto *et al.* (1998).

L'absence d'effet du rang de portée sur la qualité immune du colostrum trouve deux explications. L'introduction des cochettes, d'une part, se fait à l'issue d'une période d'adaptation lente et longue au microbisme de l'élevage ; elles ont donc le même statut sanitaire que les autres truies, ou un statut sanitaire très proche. D'autre part, le fonctionnement du système immunitaire repose sur la mise en place de cellules immunitaires « mémoire », dont l'activité est moindre en l'absence de déséquilibre sanitaire ou « relance », ce qui se traduit par la faible quantité d'immunoglobulines circulantes chez un individu correctement immunisé vivant dans un environnement sanitaire stable. Les cochettes ont donc le même statut que les autres truies en termes de quantité d'immunoglobulines G, sériques ou colostrales. Toutefois, malgré la quarantaine subie et l'absence d'expression de pathogène spécifique aux cochettes et à leurs porcelets en maternité, elles ont peut-être une diversité antigénique moindre que celle des truies.

Le protocole de l'étude a permis de s'affranchir d'un éventuel effet du régime alimentaire, de la section de la mamelle, de la taille et du type d'élevage, du lieu géographique ainsi que d'une partie de l'effet du déclenchement de la mise bas et ne permet donc pas de conclure sur ces effets.

III.3. Mesures au pèse-colostrum et au réfractomètre

L'absence de corrélation entre les mesures effectuées au réfractomètre ainsi qu'au pèse-colostrum et les concentrations en IgG mesurées au laboratoire indique que ces outils ne permettent pas d'estimer la qualité immune du colostrum. Pourtant, l'utilisation du pèse-colostrum permet d'estimer avec une assez bonne précision la qualité immune du colostrum bovin, puisque les mesures expliquent en moyenne 51% des variations des concentrations du colostrum en IgG et jusqu'à 64-78% si l'on tient compte de la température de mesure (Mechor *et al.*, 1991 ; Mechor *et al.*, 1992).

L'étalonnage du pèse-colostrum est peut-être spécifique au colostrum bovin, et il aurait sans doute fallu l'étalonner contre des colostras porcins de concentrations connues en IgG. Toutefois l'absence de mesures au-delà de la limite de détection du pèse-colostrum pondère la question de l'étalonnage. Par contre, le réfractomètre n'était pas étalonné pour des colostras porcins, ce qui a conduit à devoir pratiquer des dilutions du colostrum. De plus, l'utilisation de cet outil est malaisée, le colostrum rendant la vision floue et donc la mesure imprécise.

Ces outils sont des marqueurs moyens à bons de la teneur en protéines du colostrum, mais qui est peu corrélée avec la teneur en IgG.

CONCLUSION

Premier aliment auquel le porcelet a accès après la mise bas, le colostrum lui apporte entre autre une immunité passive vitale tant à court qu'à long terme.

La phase colostrale s'inscrit comme dernière phase de la gestation et première phase de la lactation. La truie est dans une transition physiologique, et cet état évolutif est traduite par l'évolution rapide de la composition du colostrum.

La grande variabilité inter truie de la qualité immune du colostrum est confirmée, malgré une relative bonne homogénéité de l'immunité des truies quatre semaines avant mise bas.

Encore mal connus, des facteurs de variation de la composition du colostrum sont mis en évidence. La teneur en matière sèche du colostrum diminue avec le rang de portée (rangs 1, 2, 3, et rang 4 à 6). La qualité immune du colostrum est meilleure dans les lignées sélectionnées pour leur hyperprolificité. Ainsi les truies Large-White hyperprolifiques ont un colostrum dont la teneur en immunoglobulines G est supérieur à celui des truies Duroc Blanc, ainsi qu'à celui des truies Piétrain. De même, les truies Landrace ont un colostrum de meilleure qualité immune que les truies Piétrain. Les autres lignées ont un colostrum dont la qualité immune n'est pas significativement différente. Le rang de portée, la durée de la gestation ainsi que la taille de la portée n'influent pas sur la composition du colostrum. Le régime alimentaire, la section de la mamelle, la taille et le type d'élevage ainsi que du lieu géographique, ont été volontairement écartés afin de simplifier l'interprétation des résultats.

Dans cette étude, le rang de portée n'a pas d'effet sur la qualité immune du colostrum, sans doute du fait de la conduite de l'introduction des futurs reproducteurs, véritable adaptation sanitaire qui est le point de départ de l'équilibre sanitaire de l'élevage. Le rang de portée apparaît par contre comme un facteur de variation de la teneur en matière sèche du colostrum. Celle-ci diminue progressivement avec le rang de portée. Une piste à explorer pour expliquer ce phénomène est l'étude du vieillissement de la mamelle au fil des lactations.

Enfin, ni le réfractomètre ni le pése-colostrum ne permettent d'estimer la qualité immune du colostrum de truie.

BIBLIOGRAPHIE

Alno, J.P. & Normand, V. Communication personnelle.

Alno, J.P. Le secret de l'introduction des cochettes. Du temps pour une contamination en douceur. Porc Magazine. Juin 1995. **279**

Alno, J.P. Réflexions sur la pratique de contamination des jeunes reproducteurs vis-à-vis du SDRP et du parvovirus. In : Association Française de Médecine Vétérinaire Porcine. Actualités et perspectives sur la reproduction de la truie. 1994. 141-151

Atwood, C.S. & Hartmann, P.E. The concentration of fat, protein and lactose in sows' colostrum from suckled and unsuckled glands during lactogenesis II. Aust. J. Agric. Res. 1993, **44** : 1457-1465

Atwood, C.S., Toussaint, J.K., Hartmann, P.E. Assessment of mammary gland metabolism in the sow. II. Cellular metabolites in the mammary secretion and plasma during lactogenesis. J. Dairy Res. 1995, **62** : 207-220

Bethyl Laboratories INC. (Montgomery, USA). Quantitative ELISA (Sandwich) Immunoassay Protocol. 2001

Bland, I. & Rooke, J.A. Effects of sow, udder section and time on colostrum immunoglobulin G (IgG) concentrations and piglet colostrums intake. In : Proceedings of the British Society of Animal Science, 1998, p158

Bland, I.M., Rooke, J.A., Bland, V.C., Sinclair, A.G., Edwards, S.A. The acquisition of IgG from colostrum by piglets. In : Proceedings of the British Society of Animal Science, 1999, p189

Blecha, F. & Kelley, K.W., Cold stress reduces the acquisition of colostral immunoglobulins in piglets. J. Anim. Sci. 1981, **52** : 594-600

Bourne, F. J. & Curtis, J. The transfer of immunoglobulins IgG, IgA and IgM from serum to colostrum and milk in the sow. Immunology 1973, **24** : 157-162

Bourne, F.J. Humoral immunity in the pig. Vet. Rec. 1976, **98** : 499-501

Brambell, F.W. The transmission of immune globulins from the mother to the foetal and newborn young. Proc. Nutr. Soc. 1969, **28** : 35-41

Bünger, B., Conrad, S., Lemke, E., Furcht, M., Kühn, M. Ethological evaluation of viability in newborn piglets and piglets losses during the first 21 days after birth. Tierzücht. 1984, **38** : 451-454

Butler, J.E., Klobasa, F., Werhahn, E. The differential localization of IgA, IgM and IgG in the gut of suckled neonatal piglets. Vet. Immunol. Immunopathol. 1981, **2** : 53-65

Burrin, D.G., Schulman, R.J., Reeds, P.J., Davis, T.A., Gravitt, K.R. Porcine colostrum and milk stimulate visceral organ and skeletal muscle protein synthesis in neonatal piglet. *J Nutr.* 1992, **122** : 1205-1213

Cariolet, R., Le Diguerher, G., Juliou, Ph., Rose, N., Ecobichon, P., Bougeard, S., Madec, F. Survival and growth rate of suckling piglets in the SPF herd of Ploufragan. *In*: Journées Rech. Porcine en France. 2004, **36** : 435-442

Carlsson, L.C., Weström, B.R., Karlsson, B.W. Intestinal absorption of proteins by the neonatal piglets fed on sow's colostrums with either natural or experimentally trypsin-inhibiting activity. *Biol. Neonate.* 1980, **38** : 309-320

Coffey, M.T., Seerley, R.W., Mabry, J.W. The effect of source of supplemental dietary energy on sow milk yield, milk composition and litter performance. *J. Anim. Sci.* 1982, **55** : 1388-1394

Coffey, M.T., Seerley, R.W., Martin, R.J., Mabry, J.W. Effect of level, source and duration of feeding of supplemental energy in sow diets of metabolic and hormonal traits related to energy utilization in the baby pig. 1982, **55** : 329-336

Coffey, M.T., Yates, J.A., Combs, G.E. Effects of feeding sows fat or fructose during late gestation and lactation. *J. Anim. Sci.* 1987, **65** : 1249-1256

Coppe. Communication personnelle.

Cort, N, Einarsson, S, Viring, S. Action of oxytocin and a long-acting carba oxytocin analog on the porcine myometrium in vitro and in vivo. *Am. J. Vet. Res.* 1979, **40** (3) : 430-432

Csapo, J., Martin, T.G., Csapo-Kiss, Z.S., Hazas, Z. Protein, fats, vitamin and mineral concentrations in porcine colostrum and milk from parturition to 60 days. *Int. Dairy J.* 1996, **6** : 881-902

Curtis, J. & Bourne, F.J. Half-lives of immunoglobulins IgG, IgA and IgM in the serum of new-born pigs. *Immunology.* 1973, **24** : 147-155

Darragh, A.J. & Moughan P.J. I. The composition of colostrums and milk. *In*: M.W.A. Verstegen, P.J. Moughan, J.W. Schrama. The lactating sow. Wageningen, The Netherlands : Wageningen Pers, 1998, 3-21

de Passillé, A.M. & Rushen, J. Using early suckling behavior and weight gain to identify piglets at risk. *Can. J. Anim. Sci.*, 1989, **69** : 535-544.

de Passillé, A.M., Rushen, J., Pelletier G. Suckling behavior and serum immunoglobulin levels in neonatal piglets. *Ani. Prod.* 1988, **47** : 477-456

Delouis, Houdebine, Richard. La lactation *In*: La reproduction chez les mammifères et l'homme. Thibault, C. and Levasseur, M.-C. (Ed), INRA Editions – Ellipses, Paris. P 580-610

Devillers, N. Variabilité de la production de colostrum chez la truie. Origine et conséquences pour le porcelet. Th.D. : Biologie : Rennes 1 : 2004 ; 3004. 179p

Dicks, G.W. & Swiestra, E.E. Causes of piglet death from birth to weaning. *Can. J. Ani. Sci.* 1987, **67**: 543-547

Drew, M.D. & Owen, B.D. The provision of passive immunity to colostrum deprived piglets by bovine or porcine serum immunoglobulins. *Can. J. Anim. Sci.* 1988, **68** : 1277-1284

EDE, Chambres d'Agriculture de Bretagne, ITP. In : Atout Porc Bretagne. Juillet 2004

Edwards, S.A. Perinatal mortality in the pig: environmental or physiological solutions? *Livest. Prod. Sci. (Special Issue)*. 2002, **78** : 3-12

Edwards, S. & Rooke, J. Effects of management during the suckling period on post-weaning performance of pigs. In : Proceedings of the 50th Annual Meeting of the European association of Animal Production, Zurich, Switzerland. 1999, 8 p

Elliott, R.F., Vander, N.G., Gilbreath, R.L., Fisher, H. Effect of dietary protein level on composition changes in sow colostrum and milk. *J. Anim. Sci.* 1971, **32** : 1128-1137

Etienne, M., Legault, C., Dourmad, J.Y., Noblet, J. Production laitière de la truie : estimation, composition, facteurs de variation et evolution. In : Journées Rech. Porcine en France, 2000, **32** : 253-264

Evans, P.A., Newby, T.J., Stokes, C.R., Bourne, F.J. A study of cells in the mammary secretions of sows. *Vet. Immunol. Immunopathol.* 1982, **3** : 515-527

Fahmy, M.H. Comparative study of colostrum and milk composition of seven breeds of swine. *Can. J. Anim. Sci.* 1972, **52** : 621-627

Gardner, I.A., Hird, D.W., Franti, C.E. Neonatal survival in swine : effects of low birth weight and neonatal disease. *Am. J. Vet. Res.* 1989, **50** : 792-797

Gerfault, V., Louveau, I., Mourot, J., Le Dividich, J. Lipid deposition and lipogenesis in subcutaneous adipose tissue and skeletal from neonatal pig consuming maternal or formula milk. *Reprod. Nutr. Dev.* 2000, **40** : 103-112

Gooneratne, A., Hartmann, P.E., McCauley, I., Martin, C.E. Control of parturition in the sow using progesterone and prostaglandine, *Aust. J. Biol. Sci.* 1979, **32** : 587-595

Goransson, L. The effect on late pregnancy feed allowance on the composition of the sow's colostrum and milk. *Acta. Vet. Scand.* 1990, **31** : 109-115

Hartmann, P.E. & Holmes, M.A. Sow lactation. In : Proceedings of the Australasian Pig Science Association. Manipulating pig production II. Werribee 1989. J.L. Barnett & D.P. Hennessy, 1989, 72-97 cités par Darragh & Moughan 1998

Hendrix, W.F., Kelley, F.W., Gaskins, C.J., Hinrichs, D.J. Porcine neonatal survival and serum gamma globulins. *J. Anim. Sc.* 1978, **47** : 1281-1286

Herpin, P., Le Dividich, J., Hulin, J.C., Fillaut, M., De Marco, F., Bertin, R. Effects of the level of asphyxia during delivery on viability at birth and early postnatal vitality of newborn pigs. *J. Anim. Sci.* 1996, **74** : 2067-2075.

Herpin, P., Le Dividich, J., van Os, M. Contribution of colostral fat to thermogenesis and glucose homeostasis in the newborn pig. *J. Dev . Physiol.* 1992, **17** : 133-141

Herpin, P., Louveau, I., Damon, M., Le Dividich, J. 2005. Hormonal and environmental regulation in early development of the pig. *In*: *Biology of Metabolism of Growing Animals*. D Burrin and H Mersmann (eds). Elsevier, *In Press*

Huang, S.C., Hu, Z.L., Hasler-Rapazc, J., Rapazc, J. Preferential mammary storage and secretion of immunoglobulin gamma (IgG) subclasses in swine. *J. Reprod. Immunol.* 1992, **21** : 15-28

Inoue, T., Kitano, K., Inoue, K. Possible factors influencing the immunoglobulin G concentration in swine colostrum, *Am. J. Vet. Res.* 1980, **41**-7

ITP. Porc performances 2004. Institut Technique du Porc. 2001

Jackson, J.R., Hurley, W.L., Easter, R.A., Jensen, A.H., Odle, J. Effects of induced or delayed parturition and supplemental dietary fat on colostrum and milk composition in sows. *J. Anim. Sci.* 1995, **73** : 1906-1913

Jacobsen, H., Sangild, P.T., Schmidt, M., Holm, P., Greve, T., Callesen, H. Macromolecules absorption and cortisol secretion in newborn calves derived from in vitro produced embryos. *Anim. Reprod. Sci.* 2002, **70** : 1-11

Jonsson, A. Transfer of immunoglobulins from mother to offspring in the pig. A methodological and experimental study. *Acta Veterinaria Scandinavica Supplementum.* 1973, **43** : 1-64

Kensinger, R.S., Collier, R.J., Bazer, F.W. Ultrastructural changes in porcine mammary tissue during lactogenesis. *J. Anat.* 1986, **145** : 49-59

Kensinger, R.S., Collier, R.J., Bazer, F.W., Ducsay, C.A., Becker, H.N. Nucleic acid, metabolic and histological changes in gilt mammary tissue during pregnancy and lactogenesis. *J. Anim. Sci.* 1982, **54** : 1297-1308

Klobasa, F. & Butler, J.E. Absolute and relative concentrations of immunoglobulins G, M, and A, and albumin in the lacteal secretion of sows of different lactation numbers. *Am. J. Vet. Res.* 1987, **48** : 176-182

Klobasa, F. & Werhahn, E. Relationships between milk composition and reproductive performance in relation to lactation number in sows. *Züchtungskunde.* 1996, **68** : 297-304

Klobasa, F., Habe, F., Werhahn, E. The absorption of colostral immunoglobulins in newborn piglets : effect of time from birth to the first feeding. *Berl. Münch. Tierärztl. Wochenschr.* 1990, **103** : 335-340

- Klobasa, F., Werhahn, E., Butler, J.E. Composition of sow milk during lactation. *J. Anim. Sci.* 1987, **64**: 1458-1466
- Klobasa, F., Werhahn, E., Butler, J.E. Regulation of humoral immunity in the piglet by immunoglobulins of maternal origin. *Res. Vet. Sci.* 1981, **31** : 195-206
- Klobasa, F., Schröder, C., Stroot, C., Henning, M. Passive immunization in neonatal piglets in natural rearing- effects of birth order, birth weight, litter size and parity. Berlin. Münch. Tierärztl. Wochenschr. 2004, **117**: 19-23
- Klopfenstein, C. Variation temporelle en période péri-partum des caractéristiques comportementales et physiologiques des truies allaitant les portées à croissance faible et normale. Th.D. : Sciences Biomédicales : Montréal : 2002. 165p
- Klopfenstein, C., Couture, Y., Martineau, G.P., Bouchard, E. Physiopathologie comparative de la lactation chez la truie et chez la vache. *Medecin Vétérinaire du Québec* 2002, **43** : 52-56
- Knaggs, G.S. Biological half-life of intravenously injected oxytocin in the circulation of the sow. *J. Endocrinol.* 1967, **37** (2) : 229-230
- Le Dividich J., Herpin P., Rosario-Ludovino R.M. Utilization of colostrum energy by the newborn pig. *J. Anim. Sci.* 1994, **72** : 2082-2089
- Le Dividich, J. & Herpin, P. Composition, utilisation nutritionnelle et rôles du colostrum dans le métabolisme néonatal du porcelet. In : Journée de communication de l'Association Française de Médecine Vétérinaire Porcine, Bien-être de la truie et productivité. Ploufragan. 1993. 31-39
- Le Dividich, J. & Herpin, P. Nutritionnal significance of colostrum for the newborn pig In : VIth Congress of Animal Science, Evora, 1996, Nov 7-9, 11p
- Le Dividich, J. & Noblet, J. Colostrum intake and thermoregulation in the newborn pig in relation to environmental temperature. *Biol. Neonate.* 1981, **40** : 167-174.
- Le Dividich, J. & Sève, B. Energy requirement of the young piglet. In : The weaner Pig: Nutrition and Management. M.A. Varley and J. Wiseman (eds), CAB International, Wallingford. 2001, 17-44.
- Le Dividich, J. Communication personnelle.
- Le Dividich, J., Martineau, G.P., Madec, F., Orgeur, P. Saving and rearing underprivileged supernumerary piglets, and improving their health at weaning. In : Weaning the pig, concept and consequences. Pluske, J.R., Le Dividich, J., Verstegen, M.W.A. Wageningen Academic Publishers. 2003, p375
- Le Dividich, J., Martineau, GP., Thomas, F., Demay, H., Renoux, H., Homo, Ch., Boutin, D., Gaillard, L., Surel, Y., Bouetard, M. et Massard, M. Production colostrale, immunité et survie des porcelets. In : Journées Rech. Porcine en France, 2004, **36**: 451-456

- Le Dividich, J., Mormede, P., Catheline, M., Caritez, J.C. Body composition and cold resistance of the neonatal pig from European (Large White) and Chinese (Meishan) breeds. *Biol. Neonate*. 1991, **59** : 268-277
- Le Dividich, J., Noblet, J., Herpin, P., van Milgen, J., Quiniou, N. Thermoregulation. In : *Progress in Pig Science*. J. Wiseman, M.A. Varley and J.P. Chadwick, (eds), Nottingham University Press. 1998, 229-263
- Le Dividich, J., Tivey, D., Aumaître, A. Gastro-intestinal development and digestive capacity in young pig. In : Done, S., Thomson, J., Varley, M. *Proceeding of the 15. International Pig Veterinary Society congress*. Nottingham University Press, Nottingham (GRB) 1998, 299-308
- Le Jan, C. Caractérisation des cellules du colostrum et du lait chez la truie. In : *Journées Rech. Porcine*. 1992, **24** : 309-314
- Leary, H.L. & Lecce, J.G. Uptake of maternal immunoglobulins by enterocytes on transposed and isolated piglet small intestine. *J. Nutr.* 1976, **106** : 419-427
- Lecce, J.G., Matrone, G., Morgan, D.O. Porcine neonatal nutrition. Absorption of unaltered non-porcine proteins and polyvinylpyrrolidone from the gut of piglets and the subsequent effect on the maturation of the serum protein profile. *J. Nutr.* 1961, **73** : 158-166
- Lee, C.S. , McCauley, I., Hartmann, P.E. Light and electron microscopy of cells in pig colostrum, milk and involution secretion. *Acta Anat. (Basel)* 1983, **116** : 126-135
- Marion, J. & Le Dividich, J. Utilization of the energy in sow' milk by the piglet. In : *Manipulating Pig Production VII*. P.D Cranwell. (ed), Australasian Pig Science Association: Werribee, 1999, p.254
- Mechor, G.D., Gröhn, Y.T., McDowell, L.R., Van Saun, R.J. Specific gravity of bovine colostrums immunoglobulins as affected by temperature and colostrums components. *J. Dairy Sci.* 1992, **75** : 3131-3135
- Mechor, G.D., Gröhn, Y.T., Van Saun, R.J. Effect of temperature on colostrometer readings for estimation of immunoglobulin concentration in bovine colostrums. *J. Dairy Sci.* 1991, **74** : 3940-3943
- Mellor, D.J. & Cockburn, F. A comparison of energy metabolism in the newborn infant, piglet and lamb. *Q J Exp. Physiol.* 1986, **71** : 361-379
- Migdal, W. Chemical composition of colostrum and milk in sows fed diets supplemented with animal fat. *World Rev. Anim. Sci.* 1991, **4** : 11-15
- Milon, A., Aumaitre, A., Le Dividich, J., Franz, J., Metzger, J.J. Influence of irth prematurity on colostrum composition and subsequent immunity of piglets. *Ann. Rech. Vét.* 1983, **14** : 533-540
- Murata, H., & Namioka, S. The duration of colostral immunoglobulin uptake by the epithelium of the small intestine of neonatal piglets. *J. Comp. Path.* 1977, **87** : 431-439

- Neville, M.C., Morton, J., Umemura, S. Lactogenesis. The transition from pregnancy to lactation. *Pediatr. Clin. North Am.* 2001, **48** : 35-52
- Newcomb, M.D., Harmon, D.L., Nelssen, J.L., Thulin, A.J., Allee, G.L. Effect of energy source fed to sows during late gestation on neonatal blood metabolite homeostasis, energy stores and composition. *J. Anim. Sci.* 1991, **69** : 230-236
- Noblet, J., & Le Dividich, J. Energy metabolism of the newborn pig during the first 24 hours of life. *Biol. Neonate* 1981, **40** : 175-182
- Pattinson, S.E., Davies, D.A.R., Winter, A.C. Changes in the secretion rate and production of colostrum by ewes over the first 24 h post partum. *Anim. Sci.* 1995, **61** : 63-68.
- Patureau-Mirand, P., Mosoni, L., Levieux, D., Attaix, D., Bayle, G., Bonnet, Y. Effect of feeding colostrum on prtein metabolism in the small intestine of newborn lambs. *Biol. Neonate.* 1990, **57** : 30-60
- Payne, L.C. & Marsh, C.L. Gammaglobulins absorption in the baby pig. The non selective absorption of heterologous globulins and factors influencing absorption time. *J. Nutr.* 1962, **76** : 151-158
- Pégorier, J.P., Duée, P.H., Simoes-Nunes, Péret, J., Girard, J. Effect of intragastric trigleride administration on glucose homeostasis in newborn pigs. *Am. J. Physiol.* 1985, **249** : E268-E275
- Perrin, D.R. The chemical composition of the colostrum and milk of the sow. *J. Dairy Res.* 1954, **21** : 55-62
- Porter, P. Transfer of immunoglobulins IgG, IgA and IgM to lacteal secretions in the parturient sow and their absorption by the neonatal piglet. *Biochim. Biophys. Acta.* 1969, **181** : 381-392
- Prieto, L., Prathalingam, N.S., Tarongi, A. The effect of parity, litter size and sow body reserves on Ig content of sow colostrum In: *Proceedings of the British Society of Animal Science*, 1998, p188
- Rooke, J.A. & Bland, I.M. The acquisition of passive immunity in the new-born piglet. *Livest. Prod. Sci.* 2002, **78** : 13-23
- Rooke, J.A. & Bland, I.M. The acquisition of passive immunity in the newborn piglet. *Livest. Prod. Sci.* 2002, **78** : 13-23
- Rooke, J.A., Carranca, C., Bland, I.M., Sinclair, A.G., Ewen, M., Bland, V.C., Edwards, S.A. Relationship between passive absorption of immunoglobulin G by the piglet and plasma concentration of immunoglobulin G at weaning. *Livest. Prod. Sci.* 2003, **81** : 223-234
- Salmon, H. Immunité du porcelet de la naissance au début du post-sevrage. In: *Association Française de Médecine Vétérinaire Porcine. Le porcelet de la naissance au début du post-sevrage.* Maisons-Alfort, France. 1998 3-4 déc. : 69-76

- Salmon, H. Immunity in the foetus and the newborn infant : a swine model. *Reprod. Nutr. Dev.* 1984, **24** : 197-206
- Salmon-Legagneur, E. & Gueguen, L. Evolution de la composition chimique du colostrum chez la truie. *Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys.* 1962, **2** : 299-317
- Salmon-Legagneur, E. La composition du lait de truie : premières observations sur quelques facteurs de variation. *Ann. Zootech.* 1959, **8** : 93-112
- Salmon-Legagneur, E. La composition du lait de truie. Relations entre les variations des teneurs du lactose et des autres constituants. *Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys.* 1961, **1** : 295-303
- Sangild, P.T. & Schmitt, M. Birth stimulate intestinal immunoglobulin transport and activity of intestinal enzymes in the newborn pigs. In : *Proceeding of the VIIth International Symposium on Digestive Physiology in Pigs*. EAAP, Saint-Malo. 1997, 176-177
- Sangild, P.T., Fowden, A.L., Silver, M. Prenatal intake of colostrums, milk and amniotic fluid : effects on macromolecule transport. *The Vith International Symposium on digestive Physiologie in pigs*. Germany. 1994
- Sangild, P.T., Fowden, A.L., Trahair, J.F. How does the foetal gastrointestinal tract develop inpreparation for enteral nutrition after birth ? *Livestock Prod. Sci.* 2000, **66** : 141-150
- Schollenberger, A., Degorski, A., Frymus, T., Schollenberger, A. Cells of sow mammary secretions. I. Morphology and differential counts during lactation. *J. Vet. Med. (Series A)* 1986, **33** : 31-38
- Seerley, R.W., Maxwell, J.S., McCampbell, H.C. A comparison of energy sources for sows and subsequent effect on piglets. *J. Anim. Sci.* 1978, **47** : 1114-1120
- Shurson, G.C., Hogberg, M.G., DeFever, N., Radecki, S.V., Miller, E.R. Effects of adding fat to the sow lactation diet on lactation and rebreeding performance. *J. Anim. Sci.* 1986, **62** : 672-680
- Silim, Rekik, Roy, Salmon, Pastoret. Immunité chez le foetus et le nouveau-né. In : *Immunologie Animale*. Pastoret, P., Govaerts, A., Bazin, H. (Ed), Paris. 1990, 197-204
- Smith, M.W. & Peacock, M.A. Anomalous replacement of foetal enterocytes in the neonatal pig. *Proc. Royal Soc. London B.* 1980, **206** : 411-420
- Suganuma, A., Ishizuka, A., Sakiyama, Y., Maede, Y., Namioka, S. B Lymphocyte differentiation and suppressor activity by T mymphocytes derived from neonatal and suckling piglets. *Res. Vet. Sci.*, **40** : 400-405
- Svendsen, L.S., Weström, B.R., Svendsen, J., Ohlsson, B.G., Eckman, R., Karlsson, B.W. Insulin involvement in intestinal macromolecular transmission and closure in neonatal pigs. *J. Ped. Gastroenterol. Nutr.* 1986, **5** : 299-304

- Svendsen, L.S., Weström, B.R., Svendsen, J., Ohlsson, B.G., Karlsson, B.W. Intestinal macromolecular transmission in underprivileged and unaffected newborn pigs : implication for survival of underprivileged pigs. *Res. Vet. Sci.* 1990, **48** : 184-189
- Thomas, F. Communication personnelle.
- Thomas, F. & Le Dividich, J. Communication personnelle.
- Tuboly, S., Bernath, S., Glavits, R., Kovacs, A., Megyeri, Z. Intestinal absorption of colostral lymphocytes in newborn lambs and their role in the development of immune status. *Acta Vet. Hung.* 1995, **43** : 105-115
- Tuboly, S., Bernath, S., Glavits, R., Medveczky, I. Intestinal absorption of colostral lymphoid cells in newborn piglets. *Vet. Immunol. Immunopathol.* 1988, **20** : 75-85
- Tuscherer, M., Puppe, B., Tuscherer, A., Tieman, U. Early identification of neonates at risk: traits of newborn piglets with respect to survival. *Theriogenology.* 2000, **54**: 371-388
- Tyler, J.W., Cullor, J.S., Thurmond, M.C., Douglas, V.L., Parker, K.M. Immunologic factors related to survival and performance in neonatal swine. *Am. J. Vet. Res.* 1990, **51** : 1400-1406
- Varley, M.A., Wilkinson, R.G., Maitland, A. Artificial rearing of baby piglets: the effects of colostrum on survival and plasma concentration of IgG. *Brit. Vet. J.* 1987, **143** : 369-378
- Weary, D.M., Pajor, E.A., Thompson, B.K., Fraser, D. Risky behaviour by piglets: a trade off between feeding and risk of mortality by maternal crushing? *Animal Behaviour.* 1996, **51** : 619-624
- Weström, B.R., Svendsen, J., Ohlsson, B.G., Tagesson, C., Karlsson, B.W. Intestinal transmission of macromolecules (BSA and FITC-Dextran) in the neonatal pig : Enhancing effect of colostrums, proteins, and proteinase inhibitors. 1984, **46** : 20-26
- Widdowson, E.M., Colombo, V.E. and Artvanis, C.A. Changes in organs of pigs in response to feeding for the first 24h after birth. II. The digestive tract. *Biol. Neonate* 1976, **28** : 272-281
- Widdowson, E.M., Colombo, V.E., Artvanis, C.A. Changes in organs of pigs in response to feeding for the first 24h after birth. II. The digestive tract. *Biol. Neonate.* 1976, **28** : 272-281
- Xu, R.J., Mellor, D.J. Tungthanathanich, P., Birtles, M.J., Reynolds, G.W., Simpson, H.V. Growth and morphological changes in the small and large intestine in piglets during the first three days after birth. *J Dev. Physiol.* 1992, **18** : 161-172
- Yaguchi, H., Murata, H., Kagota, K., Namioka, S. Studies on the relationship between the serum gamma globulin levels of neonatal piglets and their mortality during the first two months of life: an evaluation for the ammonium sulphate reaction. *Brit. Vet. J.* 1980, **136** : 63-70
- Zou, S., McLaren, D.G., Hurley, W.L. Pig colostrum and milk composition : comparisons between Chinese Meishan and US breeds. *Livest. Prod. Sci.* 1992, **30** : 115-127

AGREMENT ADMINISTRATIF

Je soussigné, P. DESNOYERS, Directeur de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse, certifie que

M. VOISIN Florian, Emmanuel

a été admis(e) sur concours en : 1998

a obtenu son certificat de fin de scolarité le : 9 juillet 2004

n'a plus aucun stage, ni enseignement optionnel à valider.

AGREMENT SCIENTIFIQUE

Je soussigné, G.-P. MARTINEAU, Professeur de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse,

autorise la soutenance de la thèse de :

M. VOISIN Florian, Emmanuel

intitulée :

« Estimation de la qualité immune du colostrum de truie en élevage »

**Le Professeur
de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse
Professeur Guy-Pierre MARTINEAU**



**Vu :
Le Président de la thèse :
Professeur Henri DABERNAT**



**Vu :
Le Directeur
de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse
Docteur Pierre DESNOYERS**



**Vu le : 21 DEC. 2004
Le Président
de l'Université Paul Sabatier
Professeur Jean-François SAUTEREAU**

